

Treball de Fi de Grau
Grau en Tecnologies Industrials

Estudi de contaminació de les aigües del riu Llobregat a les comarques del Berguedà i del Bages

MEMÒRIA

Autor:	Adrià Casals i Casas
Director:	Dr. Jordi Bou i Serra
Convocatòria:	Juny 2016



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Industrial de Barcelona



Resum

El riu Llobregat ha sigut i és un dels rius més industrialitzats de Catalunya el qual transcorre per la conca minera del Bages, concretament entre Balsareny i Sallent, on s'hi realitza l'extracció de potassa i on es generen grans acumulacions de residus salins. També cal destacar que durant els segles XX i XXI hi ha hagut un augment significatiu d'indústries que s'han ubicat als marges del riu i que han propiciat episodis importants de contaminació. Tot i els plans de millora implementats, des de fa dècades hi ha el debat de si aquestes activitats causen impactes negatius al medi o per contra, l'efecte no és tant rellevant com es diu.

Per tots aquests motius neix la inquietud sobre el tema i es decideix realitzar aquest projecte, que té per objectius analitzar diferents indicadors fisicoquímics de les aigües del Llobregat, des del naixement a Castellar de n'Hug fins a Sant Vicenç de Castellet. Alguns d'aquests indicadors són la temperatura, l'oxigen dissolt, la conductivitat, les concentracions de clorurs, sulfats, fosfats, nitrats, entre d'altres. Destacar que com a tret característic s'analitza, per primera vegada, la presència de microplàstics a la superfície del riu.

La metodologia emprada consisteix en definir correctament les zones de mostreig i realitzar els anàlisis experimentals al laboratori mitjançant tècniques de volumetria, espectrofotometria i microscòpia. Un cop obtinguts els resultats, s'analitzen i s'extreuen conclusions sobre la qualitat de l'aigua.

Els resultats obtinguts indiquen que la majoria de paràmetres estudiats presenten uns valors normals per la naturalesa del riu Llobregat. S'aprecia un lleuger increment de la conductivitat i la concentració de clorurs un cop el riu ha transcorregut per la conca potàssica del Bages i s'observa que, a l'inici d'aquesta, els indicadors presenten un comportament lleugerament diferent a l'esperat. També cal assenyalar que s'ha detectat la presència de microplàstics a la superfície del riu en dos trams diferents, fent evident l'inici d'una nova problemàtica.

Concloure que el riu Llobregat, en el tram estudiat, presenta una bona qualitat de l'aigua malgrat tota l'activitat industrial que alberga a la seva conca. També es pot determinar que les depuradores funcionen correctament i que les activitats agrícoles i ramaderes no generen una contaminació excessiva a causa de fertilitzants, adobs o purins. Tot i això, s'haurien de prendre mesures per reduir la salinitat i s'hauria de realitzar un estudi més acurat sobre la presència de microplàstics per tal de preservar la biodiversitat de la zona.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	5
2. INTRODUCCIÓ	7
2.1. Motivació del projecte.....	8
2.2. Objectius del projecte	8
2.3. Abast del projecte.....	9
3. EL LLOBREGAT I LA SEVA CONTAMINACIÓ	11
3.1. El riu Llobregat	11
3.2. Característiques geològiques de la conca	13
3.3. La contaminació del riu al llarg de la història.....	15
4. LES MINES DE POTASSA	18
4.1. Orígens dels jaciments salins.....	18
4.2. La potassa	19
4.3. Obtenció de la potassa.....	22
4.3.1. Extracció de la mena.....	22
4.3.2. Tractament del mineral	24
4.4. Tractament de residus. Els runams salins	25
5. ESTAT DE L'ART DELS ESTUDIS DE CONTAMINACIÓ DEL LLOBREGAT	28
6. PROJECTES DE MILLORA	38
6.1. Construcció d'estacions de tractament d'aigües	38
6.2. Derivament del riu Anoia i la riera de Rubí.....	38
6.3. Desviament de l'aigua del meandre del Cardener al pas per La Coromina.	39
6.4. Actuacions portades a terme a les infraestructures mineres	39
7. METODOLOGIA	44

8. ZONES DE MOSTREIG	45
9. TÈCNIQUES ANALÍTIQUES	48
9.1. Paràmetres d'estudi	48
9.2. Equip de recollida de mostres i observació del riu.....	49
9.3. Anàlisi de les aigües	50
9.3.1. Temperatura	50
9.3.2. Oxigen dissolt	51
9.3.3. Potencial d'hidrogen (pH).....	53
9.3.4. Conductivitat	54
9.3.5. Duresa total.....	56
9.3.6. Alcalinitat total.....	58
9.3.7. Clorurs	60
9.3.8. Sulfats.....	63
9.3.9. Fosfats	65
9.3.10. Nitrats	67
9.3.11. Carboni orgànic total (TOC)	69
9.3.12. Nitrogen	70
9.3.13. Sòlids flotants.....	71
10. RESULTATS	73
10.1. Presentació i discussió dels resultats. Causes i efectes.....	73
11. PLANIFICACIO TEMPORAL	88
12. ESTUDI ECONÒMIC	90
13. ESTUDI AMBIENTAL	93
14. CONCLUSIONS	95
15. FUTURES LÍNIES DE TREBALL	97
AGRAÏMENTS	98
BIBLIOGRAFIA	99
Referències bibliogràfiques	99
Bibliografia complementària	102

1. GLOSSARI

<i>ABS</i>	<i>Absorbància</i>
<i>ACA</i>	<i>Agència Catalana de l'Aigua</i>
<i>ATLL</i>	<i>Aigües Ter Llobregat</i>
<i>CESALL</i>	<i>Comissió per a l'Estudi de la Salinitat de les aigües del riu Llobregat</i>
<i>CISALL</i>	<i>Comissió Inspectora de la Salinitat del riu Llobregat</i>
<i>EDAR</i>	<i>Estació Depuradora d'Aigües Residuals</i>
<i>EDTA</i>	<i>Àcid etilendiamintetraacètic</i>
<i>ETAP</i>	<i>Estació de Tractament d'Aigua Potable</i>
<i>I+D</i>	<i>Investigació i desenvolupament</i>
<i>OD</i>	<i>Oxigen dissolt</i>
<i>OMS</i>	<i>Organització Mundial de la Salut</i>
<i>RD</i>	<i>Reial Decret</i>
<i>SGAB</i>	<i>Societat General d'Aigües de Barcelona</i>
<i>TOC</i>	<i>Carboni Orgànic Total</i>

2. INTRODUCCIÓ

L'aigua (H₂O) és un compost químic transparent, inodor, insípid, químicament format per hidrogen i oxigen. Tot i que un 70% de la superfície de la Terra està coberta d'aigua, un 97% d'aquesta forma els mars i els oceans, per tant només el 3% de l'aigua del planeta és dolça i no tota està disponible per als éssers vius terrestres. Un 79% de l'aigua dolça es troba en forma de gel a les glaceres i casquets polars, un 20% és aigua subterrània i només un 1% de l'aigua dolça total forma el vapor d'aigua de l'atmosfera, els rius i els llacs, sent aquesta l'única que poden utilitzar fàcilment els éssers vius que viuen als continents.

L'aigua superficial de rius, llacs i embassaments pot tenir una procedència ben diversa com pot ser la precipitació directa sobre la massa d'aigua; la pluja que cau sobre el terreny i que discorre per la superfície erosionant-la i aportant matèria sòlida com roques, pols, fulles i altres elements; la descàrrega de la capa freàtica dels aquífers; i fins i tot de l'excés d'humitat del sòl que contínuament drena aigua.

L'aigua conté una gran quantitat d'impureses que cal eliminar depenent de l'ús que se li vulgui donar. El grau de qualitat que s'exigeix per l'aigua determina si la impuresa és contaminant o no. Els agents contaminants principals són:

Aigües residuals domèstiques provinents de cases, escoles, hospitals, etc. Contenen majoritàriament contaminants orgànics com orina, femta, restes de menjar i també poden contenir productes de neteja, olis, microorganismes patògens, entre d'altres.

Aigües residuals agrícoles que poden contenir fertilitzants i pesticides provinents de l'aigua de reg o bé purins o fems procedents del bestiar de les granges.

Aigües residuals d'origen industrial les quals poden contenir productes que no es descomponen com plàstics o llaunes, substàncies tòxiques,...

Aigües d'escorriment que circulen pels carrers i teulades quan plou. Arrossegueu tota mena de materials com plàstics, material d'enderroc, papers, llaunes,...

Contaminació per intrusió que afecta a les aigües subterrànies. Es produeix quan es barreja aigua salada del mar amb aigua dolça de l'aqüífer per raó d'una extracció excessiva de l'aigua de l'aqüífer.

L'home, des de l'antiguitat, ha utilitzat l'aigua dels rius, llacs i fonts, i tot i contaminar-la aquesta tenia la capacitat d'autodepurar-se. La necessitat de l'aigua per la vida, explica que als voltants dels rius s'hi hagin desenvolupat moltes de les activitats més importants per a l'home. Com a conseqüència de l'augment de la població i de la industrialització, la quantitat de residus generats i abocats a les aigües superficials ha incrementat significativament trencant l'equilibri amb els ecosistemes de l'entorn que permetien l'autodepuració dels rius.

El riu Llobregat és un dels rius catalans amb més activitats industrials ubicades a la seva conca i amb la seva aigua s'abasteixen uns 5 milions de persones. També presenta una gran biodiversitat, la qual li dona un gran interès mediambiental. Per tots aquests motius és important detectar els agents contaminants i tractar-los per aconseguir una aigua de qualitat.

2.1. Motivació del projecte

Els motius bàsics que han incentivat a realitzar el present estudi de les aigües del riu Llobregat són la inquietud personal sobre temes mediambientals i la motivació addicional de poder analitzar, valorar i intentar buscar solucions a efectes relacionats amb les activitats industrials properes a la zona on resideix l'autor del projecte. Així doncs, tenint en compte les peculiaritats de la zona del Berguedà i el Bages es creu que és el lloc més adequat per realitzar un estudi d'aquestes característiques.

També es pretén obtenir informació de primera mà per poder extreure conclusions fonamentades sobre els impactes ambientals de les indústries i determinar si efectivament aquests són rellevants pel medi. Es creu que el context social, econòmic i mediambiental on s'emmarca aquest projecte és molt interessant i enriquidor.

2.2. Objectius del projecte

L'objectiu principal del projecte és analitzar diferents indicadors de qualitat fisicoquímics de les aigües del riu Llobregat al llarg del seu curs, des del naixement a Castellar de n'Hug fins a Sant Vicenç de Castellet, punt on ja s'ha produït l'aiguabarreig amb el Cardener. D'aquesta manera es pretén avaluar l'impacte de la indústria i les activitats humanes de la zona sobre el riu i determinar si actualment les mines de potassa tenen un efecte significatiu en la qualitat de l'aigua. Destacar que per primera vegada és desitja realitzar un anàlisi per estimar la presència de microplàstics a la superfície del riu Llobregat.

Com a objectius particulars es pretén:

1. Realitzar un treball de camp, recollint mostres de diferents trams del riu i posteriorment analitzar-les amb les tècniques i els mitjans que estiguin disponibles a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.
2. Definir i escollir les metodologies d'anàlisi més adients per cada paràmetre per tal d'aconseguir uns resultats el més precisos possible.
3. Determinar l'efecte de cada contaminant, buscar el seu origen i la seva influència tant en la flora i la fauna del riu com en la salut de les persones, relacionant-los amb els nivells legals establerts per les normatives vigents.
4. De forma distintiva i innovadora, realitzar un anàlisi dels sòlids flotants per determinar si hi ha presència de plàstics o altres elements no naturals a la superfície del riu.
5. Avaluar els costos i l'impacte ambiental generats durant la realització de l'esmentat projecte.

2.3. Abast del projecte

L'abast d'aquest projecte s'emmarca en analitzar diferents paràmetres indicadors de qualitat de l'aigua i determinar si el Llobregat es veu influenciat per les activitats realitzades a la zona per on transcorre. És de l'abast adquirir i disposar de tot el material necessari tant en la recollida de mostres com en els posteriors anàlisis com poden ser: recipients per emmagatzemar mostres, salabret per recollir els sòlids flotants, material de laboratori, reactius i altres equips. Cal destacar que tot l'estudi, com s'ha dit anteriorment, es realitza amb els mitjans disponibles a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Així doncs, no s'estudien indicadors biològics com podrien ser l'hàbitat fluvial, la qualitat del bosc de ribera, entre d'altres.

L'estudi es centra en el tram del Llobregat comprès entre les comarques del Berguedà i el Bages, des del naixement fins a Sant Vicenç de Castellet i contempla l'anàlisi, la valoració i la discussió dels resultats. Destacar però, que no s'estudien ni s'inclouen propostes de sistemes de depuració en cas que fos necessari. Com a conseqüència el projecte queda obert a la possibilitat de futures investigacions enfocades en la mateixa direcció. A més, tampoc s'analitzen els residus salins ni el seu comportament en episodis de pluges ja que l'accés a aquests és complicat.

3. EL LLOBREGAT I LA SEVA CONTAMINACIÓ

3.1. El riu Llobregat

El riu Llobregat neix al Pirineu català a 1295 m sobre el nivell del mar a les Fonts del Llobregat, Castellar de N'Hug, a la comarca del Berguedà i desemboca al mar Mediterrani, al Prat del Llobregat a prop de Barcelona. La seva conca té una extensió d'uns 5450 Km² i es troba totalment compresa en territori català. Recorre les comarques barcelonines del Berguedà, Bages i Baix Llobregat de nord a sud al llarg de 170 Km. Tot i que és modest comparat a escala peninsular ha estat sempre l'eix vertebral més important en la història i desenvolupament de Catalunya ja que ha estat molt aprofitat per la població del país ja sigui per usos industrials, agrícoles, de consum, entre altres.

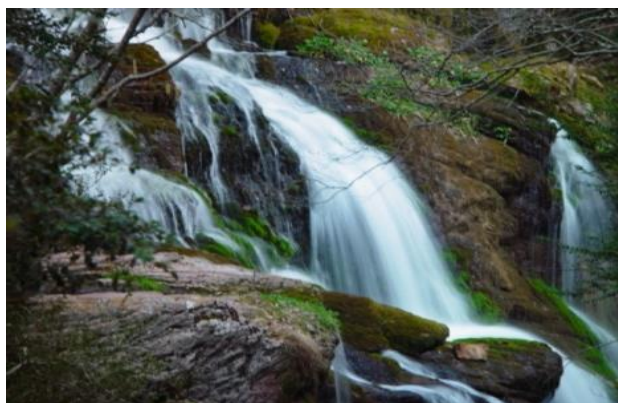


Figura 3.1 Fonts del Llobregat. [EL BERGUEDÀ, 2016]

El seu traçat travessa el solc prepirinenc, l'encavalcament de l'alt Berguedà, el Vallès i la Serralada Litoral. Des de les fonts del seu naixement fins a la Pobla de Lillet segueix estrats de les eres secundària i terciària de nord a sud. Seguidament s'orienta d'est a oest al solc prepirinenc on hi ha l'aiguabarreig del riu Arija a la Pobla de Lillet pel marge esquerre i del riu Bastareny i del Riu de Saldes procedent del Pedraforca a l'alçada de Guardiola de Berguedà pel marge de la dreta. És en aquest punt on es troba l'inici del canal industrial de Berga, obra inaugurada l'any 1899 amb l'objectiu de fer arribar l'aigua del riu a la capital de la comarca del Berguedà. Tot seguit, travessa el muntanyam calcari encavalcat de l'Alt Berguedà i l'estret congost de Fígols, el municipi de Cercs i La Nou de Berguedà en el seu camí cap al sud. L'aigua del riu alimenta l'embassament de la Baells, inaugurat el 1974.

És en el municipi de Berga on el riu abandona el terreny prepirinenc i entra a la Depressió central, zona on el riu recorre moltes poblacions i colònies com Olvan, Avià, Gironella, Puig-reig, Navàs, Balsareny, Sallent, Sant Fruitós de Bages, Manresa, etc. En totes aquestes poblacions fa uns anys s'aprofitaven les aigües del Llobregat per produir energia elèctrica per fer funcionar les màquines de les indústries tèxtils. Com a testimoni d'aquesta activitat queden nombroses colònies amb rescloses i canals al llarg del riu. També cal destacar que prop de Balsareny hi ha l'inici de La Sèquia que va ser construïda amb la finalitat de portar l'aigua del Llobregat a Manresa. Al llarg d'aquest tram el riu rep les aigües de diverses rieres i rius que augmenten el seu cabal progressivament: riera d'Olvan i de Clarà a Gironella; riera de Merlès a Puig-reig, riera Gavarresa a Cabrianes, el Calders a Navarcles,...

Passat Manresa, a Castellgalí, el riu Llobregat rep les aigües del seu afluent principal, el Cardener que fa augmentar notablement el seu cabal. Més endavant travessa la Serralada Litoral on a Monistrol inicia un enorme congost a l'extrem oriental de Montserrat que acaba a la Puda i s'obre a la depressió del Vallès. A Martorell rep l'aigua d'un altre afluent molt important, el riu Anoia i la riera de Rubí i seguidament s'eixampla la vall donant lloc a la plana del delta, amb una gran densitat demogràfica, agrícola i fabril, on l'aigua del riu és aprofitada tant per usos agrícoles com industrials.

La desembocadura del riu s'ha canalitzat i desplaçat 2,5 Km al sud del seu punt natural per ampliar la seva capacitat de desguàs, prevenir possibles riuades i inundacions a la zona i ampliar les zones dedicades a la logística del transport de mercaderies. El seu delta té una extensió d'uns 100 Km² i es troba a prop de les instal·lacions portuàries i aeroportuàries de la ciutat de Barcelona. [HUGUET, 2010], [LLORET, 2003], [ROVIRA, 2008], [VIQUIPÈDIA, Llobregat, 2016]

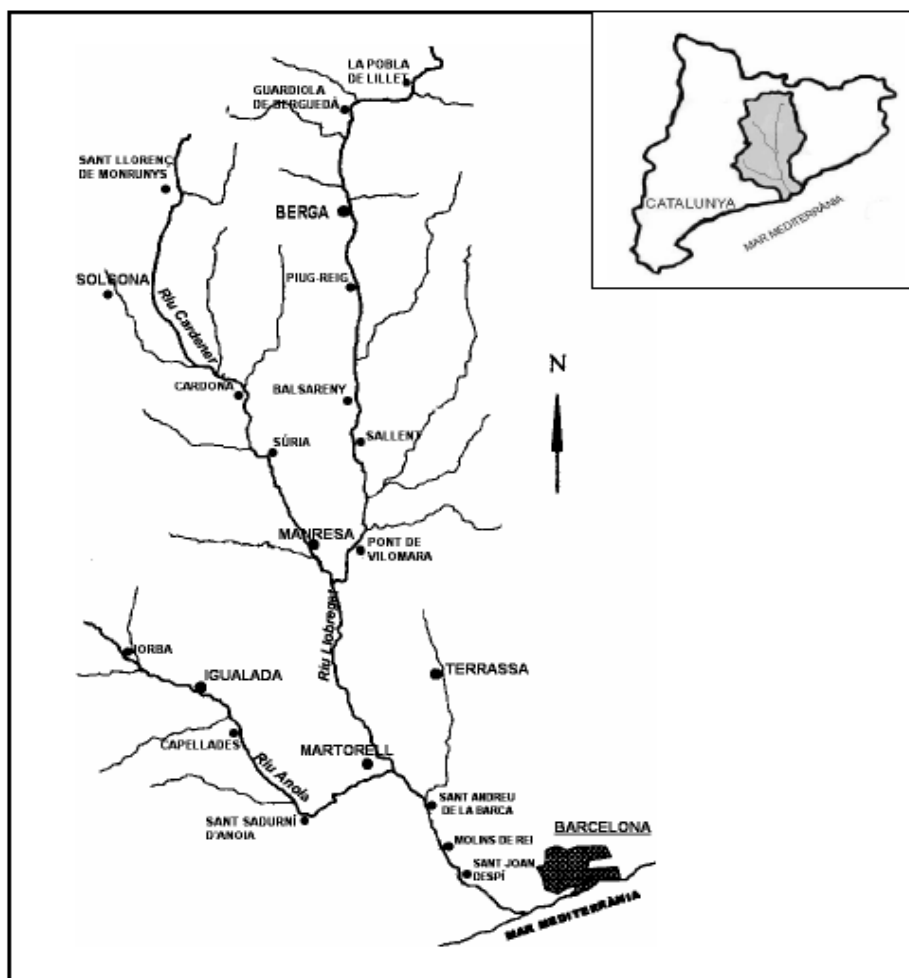


Figura 3.2 Conca hidrogràfica del riu Llobregat. [ROVIRA, 2008]

3.2. Característiques geològiques de la conca

El riu Llobregat, al llarg del seu curs, transcorre per diferents estrats geològics. Aquest fet fa que les seves aigües incorporin en dissolució diferents elements propis dels substrats geològics que travessa. També cal considerar els afluents que hi conflueixen fins arribar a la Mar Mediterrània ja que poden aportar, en major o menor mesura, característiques naturals afegides pels ecosistemes presents. El riu neix al Prepirineu, una zona formada per roques volcàniques i material sedimentari del Paleozoic Superior i del Cenozoic del qual en destaquen roques calcàries, conglomerats, roques evaporítiques, dolomies, entre d'altres. Entre la pobla de Lillet i el pantà de la Baells discorre per estrats de calcàries del cretàc superior, calcàries i margues de l'Eocè, pissarres negres, lignits i margues.

El seu pas per Berga es caracteritza per travessar conglomerats i guixos de l'Oligocè. Tot seguit entra a la Depressió Central, per on flueix sobre materials sedimentaris de l'Oligocè com ara conglomerats gresos i lutites fins arribar a l'alçada de Navàs. És en aquest punt on hi ha un canvi d'estrats geològics que es mantenen fins a Sallent i els quals estan formats per gresos, lutites, calcàries de l'Oligocè, halites, arenisques i en desapareixen els conglomerats. Cal destacar que aquesta àrea mitjana del riu presenta una acumulació de sediments salins de gran importància. De Sallent fins a Navarcles, el riu circula sobre materials de l'Holocè com graves, arenes, argiles i llims a més de conglomerats i gresos de l'Oligocè. Seguidament, fins al pont de Vilomara, el seu curs transcorre sobre margues i arenites de l'Eocè. En aquest punt deixa la Depressió Central i entra a la Serralada Prelitoral constituïda per gresos, margues i calcàries de l'Eocè i l'Oligocè juntament amb graves, arenes i argiles de l'Holocè. Finalment al delta, els sediments són conglomerats quaternaris de diferents èpoques com ara sorres i graves de l'Holocè juntament amb gresos i margues blaves de l'Eocè. [ROVIRA, 2008], [LLORET, 2003]

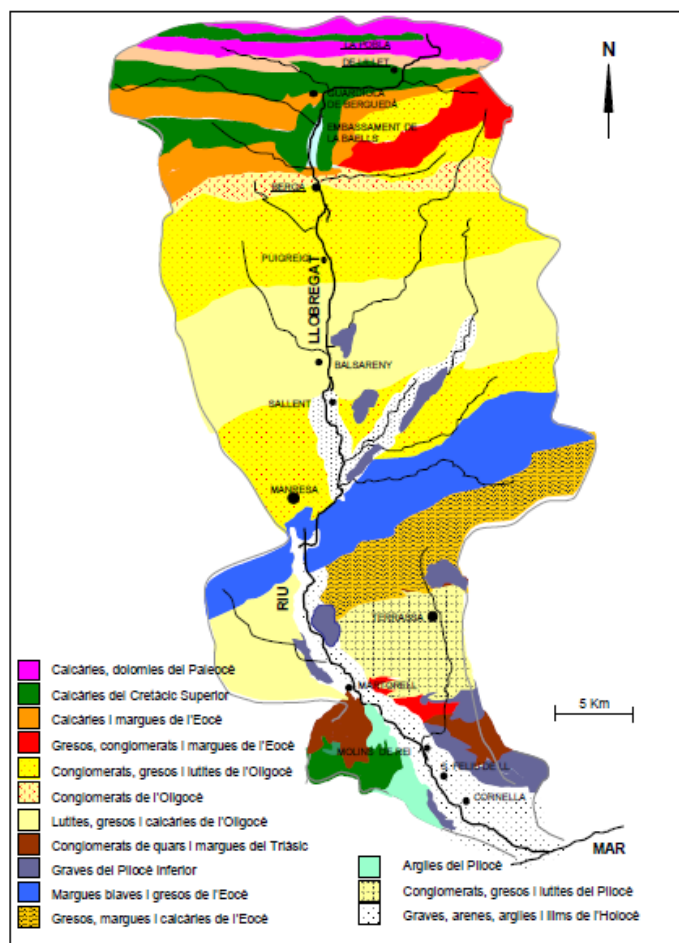


Figura 3.3 Geologia del terreny de la conca del Llobregat. [26][ROVIRA, 2003]

3.3. La contaminació del riu al llarg de la història

La contaminació de les aigües pot provenir d'origen natural o d'activitats humanes. En l'actualitat la més important, sens dubte, és la provocada per l'home ja que el desenvolupament i industrialització suposen un major consum d'aigua i una gran generació de residus, molts dels quals van a parar a l'aigua.

La problemàtica present a les aigües del riu Llobregat ha estat una constant històrica, amb la pèrdua intermitent de la qualitat i originant greus problemes ja que amb l'aigua contaminada no es poden cobrir les demandes de la població.

A l'antiguitat l'home, com les altres espècies d'animals, s'adaptava perfectament als recursos disponibles per tal de garantir la seva subsistència i no havia alterat significativament la qualitat natural de les aigües. Així doncs la contaminació que podia patir el riu era natural. Cal dir que aquest tipus de contaminació és molt dispersa i no provoca altes concentracions de pol·lució. És originada per substàncies com ara partícules sòlides, gasos atmosfèrics, pol·len, fulles, residus vegetals, excrements d'animals... els quals pateixen uns processos químics i biològics que formen part de la capacitat autodepuradora de l'aigua i la majoria són eliminats. Al curs alt hi ha poca contaminació d'aquestes característiques ja que la temperatura de l'aigua és baixa, la qual cosa afegida al continu i ràpid moviment de l'aigua permet una major concentració d'oxigen. El fenomen d'autodepuració disminueix a mesura que el riu avança terreny ja que les aigües es calmen i no faciliten l'aportació d'oxigen i la temperatura augmenta.

Amb l'augment de la població a les ciutats i la introducció de l'agricultura i la ramaderia, l'home començà a tenir un paper més influent sobre l'entorn i generà residus urbans que en molts casos van a parar al riu. Així doncs, fins el segle XVIII la contaminació d'aquest era deguda a causes naturals, a la contaminació urbana, agrària i ramadera .

Durant els segles XIX i XX a la conca del Llobregat s'hi van instal·lar nombroses indústries que aprofitaven l'energia i l'aigua del riu. En destacaven les colònies tèxtils situades majoritàriament al Berguedà i al Bages i en menor importància es trobaven les indústries papereres, químiques, elèctriques, metal·lúrgies, fàbriques de ciment, etc. L'aigua del riu va patir molta contaminació degut a aquestes indústries i als residus urbans de les poblacions situades al llarg del seu curs. Avui dia aquests tipus de contaminació estan gairebé

solucionats però queden punts negres com per exemple els polígons industrials de Terrassa i Rubí que aboquen els residus en un dels afluents del Llobregat, la riera de Rubí.



Figura 3.4 Colònia tèxtil Cal Vidal (Puig-Reig). [MUSEU DE LA COLÒNIA VIDAL DE PUIG-REIG, 2016]

A partir del segle XX també cal destacar la important activitat minera a la comarca del Berguedà i la construcció de la central tèrmica de Cercs la qual funcionava amb carbó. Una de les etapes del procés industrial del carbó consisteix en classificar la mida del mineral i el seu rentat per aconseguir millorar la qualitat del producte i evitar-ne la pols. Aquests processos requereixen grans quantitats d'aigua i van comportar importants abocaments d'aigües residuals amb elevada matèria de carbó en suspensió al Llobregat. L'aspecte visual del riu en alguns quilòmetres era d'aigües negres degut a la presència dels sediments del carbó. No va ser fins els anys 60 que es van començar a construir recintes de sedimentació i es va començar a reutilitzar l'aigua utilitzada en el procés. Destacar, també, que les grans acumulacions de residus de les mines a l'exterior (estèrils, carbó i sofre) i dels residus de la central tèrmica (cendres alcalines), originaven reaccions espontànies de combustió interna amb el carbó residual, generaven grans quantitats d'hidròxid de calç, que al lixiviar amb la pluja incrementaven el pH i la duresa de l'aigua del riu. Actualment aquest tipus de contaminació no es dona ja que les mines de carbó no estan en funcionament.

Un altre font de contaminació important és la conca salina del Bages ja sigui per aportacions salines d'origen natural, més significatives abans de l'obertura de les explotacions de potassa, com pels efectes de les activitats de la mineria industrial d'aquest mineral i dels residus dipositats a cel obert ja que la salinitat aportada per la població i les altres activitats industrials es pot considerar mínima en una valoració global. Per ratificar-ho es poden observar dades del període de la Guerra Civil Espanyola (1936-1939) quan les activitats d'extracció gairebé es van aturar totalment. La salinitat del riu Llobregat a Cornellà establia

200 mg de Cl⁻/L l'any 1936 mentre que a l'any 1939 recuperà els valors de l'any 1915, entre 79,5 mg Cl⁻/L i 86,1 mg Cl⁻/L.

En quan als abocaments industrials de residus sòlids salins directament sobre el terreny i sense tractament previ afecten superfícies importants del Bages. Aquest escenari provoca un augment de lixiviats, la salinització de zones no salinitzades, pèrdua de la capa vegetal, perjudicis en la salut de les persones i animals, increment de la pèrdua de recursos hídrics com fonts, pous, etc.

Les principals fonts de contaminació actualment són degudes a productes orgànics com ara tints, colorants dissolvents, subproductes de la indústria alimentària; productes inorgànics com àcids, àlcalis, sals, metalls i fangs; productes artificials urbans com matèria orgànica fecal, deixalles d'origen animal i vegetal, paper i productes orgànics, detergents, olis i hidrocarburs; materials procedent de la mineria de la potassa com minerals i sals (alguns anions i cations són metalls); contaminació agrícola i ramadera amb pesticides, adobs i matèria orgànica; i finalment contaminants degut al transport com olis, gasos, plom, etc.

La contaminació del riu també implica la contaminació dels sediments, aquífers, la biomassa, l'aire,... tots ells elements amb una estreta relació amb les persones ja sigui tant per finalitats industrials i econòmiques com per aspectes vitals (necessaris per viure). No és fins a finals del segle XX i durant el segle XXI que es pren consciència de la situació i es comença a revertir, planificant la recuperació integral del riu. [HUGUET, 2010], [LLORET, 2003].

4. LES MINES DE POTASSA

4.1. Orígens dels jaciments salins

La comarca del Bages és coneguda per la gran quantitat de dipòsits salins que es troben en el seu subsòl. Forma part de l'anomenada conca potàssica catalana i al mateix temps, contextualitzant en un àmbit més ampli, també és part del conjunt de materials evaporítics que es van dipositar a la conca de l'Ebre durant l'Eocè superior. La conca de l'Ebre en sentit geològic va ser una àmplia conca que s'estenia des del que avui dia és Navarra fins a Catalunya. Era una conca interior que tenia connexions temporals amb el mar obert i que estava envoltada per relleus en fase de deformació com són els Pirineus, les Muntanyes Basques i la Serralada Ibèrica. La conca va persistir durant tot el Paleogen i recollí els materials producte de l'erosió del relleu circumdant.

L'extensió de la conca que ocupava el mar varià al llarg del Paleogen amb períodes de regressió i expansió. Un dels moments més significatius per l'evolució de la conca es va produir a l'Eocè superior on a causa de la gran quantitat de sediments dipositats i l'acostament de la microplaca Ibèrica amb la placa Euroasiàtica va formar una conca marina interior desconnectada del mar Atlàntic que gradualment es va anar evaporant degut al clima àrid, amb escasses pluges, i a les baixes aportacions d'aigua per part dels rius. Aquest fet comportà la precipitació de les sals segons la seva solubilitat, és a dir, primer les menys solubles com el guix i l'halita fins a les més solubles com la silvita i la carnal·lita.

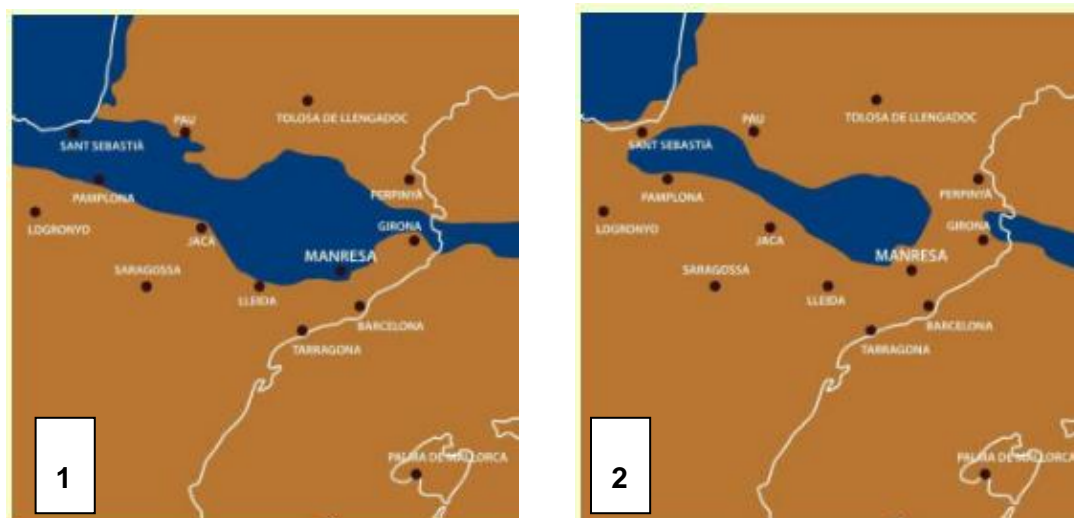


Figura 4.1 Evolució del mar interior. [OMS, 2016]

L'acumulació de les sals es troba principalment a Navarra i Catalunya on es situaven les dues fosses de major profunditat de la conca. La deposició salina es va produir com a conseqüència de fenòmens geològics externs, és a dir, substàncies que es trobaven a la intempèrie van ser transportades en dissolució fins a les zones de deposició, la qual es va produir a partir de l'evaporació del dissolvent i passant per una fase de saturació de la solució. Posteriorment aquestes formacions salines van ser cobertes per importants formacions sedimentàries continentals i materials argilosos impermeables que impedièren la seva dissolució.

Una circumstància addicional es va produir a la fi del Paleogen i inici del Neogen i és la que ha condicionat que els dipòsits de sal tinguin les característiques actuals. La conca de l'Ebre no era passiva on solament s'acumulaven els sediments sinó que els estrats dipositats als peus dels relleus muntanyosos eren tectonitzats per efecte dels moviments de l'orografia. La debilitat mecànica que presenten els estrats de sal sota qualsevol pertorbació tectònica fan que es desenganxin amb facilitat afavorint la creació de plecs i encavalcaments. A més, les sals tenen capacitat de fluir i s'acumulen en grans masses al nucli dels plecs i poden arribar a ascendir cap a la superfície. Aquest moviment ascendent de la sal s'anomena halocinesis i pot formar doms salins o diapirs quan la sal perfora les capes suprajacents. Un exemple n'és el diapir de Cardona que es pot observar a la **Figura 4.2**. [CARRERAS, 2016], [OMS, 2016]



Figura 4.2 Diapir de Cardona. [GEOPARC, 2016]

4.2. La potassa

Encara que les sals potàssiques contingudes en les cendres vegetals no foren conegudes en la seva naturalesa química fins el segle XVIII, l'home les ha estat aplicant anteriorment. Els àrabs al segle XIV denominaven aquestes sals com "alkili" i les obtenien a partir de canyes i joncs lixiviant-les, portant la solució a calderes de ferro i plom on es feien bullir fins que, en evaporar-se l'aigua, els sucres quedaven condensats.

El segle XIX, boscos sencers foren cremats a Amèrica i a Rússia per obtenir potassa del rentat de les seves cendres. Amb la creació de la mineria potàssica aquestes activitats han deixat de ser necessàries.

La producció mundial i anual de potassa a l'any 2015 s'estima en unes 39.000 tones, provinent principalment de dotze països, sent Canadà i Rússia els màxims productors. Actualment a l'estat espanyol, la producció de potassa prové de Catalunya i la gestiona l'empresa *Iberpotash S.A.* la qual pertany a la israeliana *ICL Fertilizers Europa*. La producció anual d'aquest mineral al país es situa entorn a les 700 tones.

Distribució percentual de producció de potassa (2015)

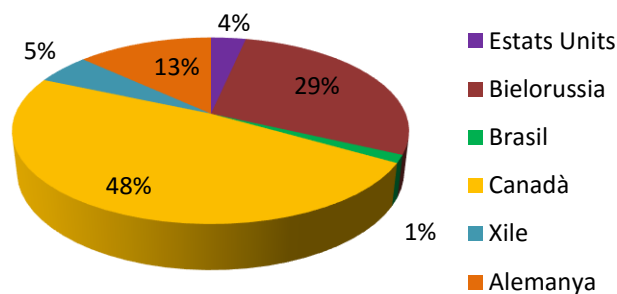


Figura 4.3 Distribució percentual de la producció mundial de potassa a l'any 2015 segons els països productors. [US GEOLOGICAL SURVEY, 2016]

Evolució de la producció mundial de potassa

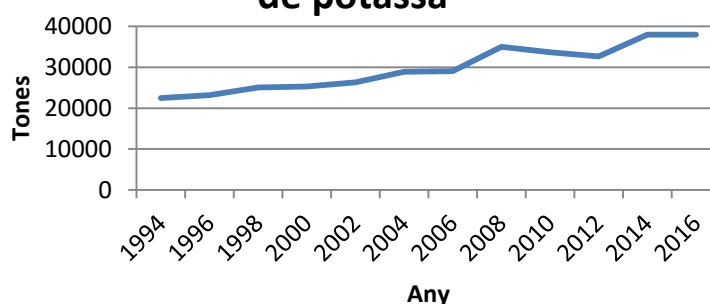


Figura 4.4 Evolució mundial de la producció de potassa. [US GEOLOGICAL SURVEY, 2016] *El valor de l'any 2016 és una estimació.

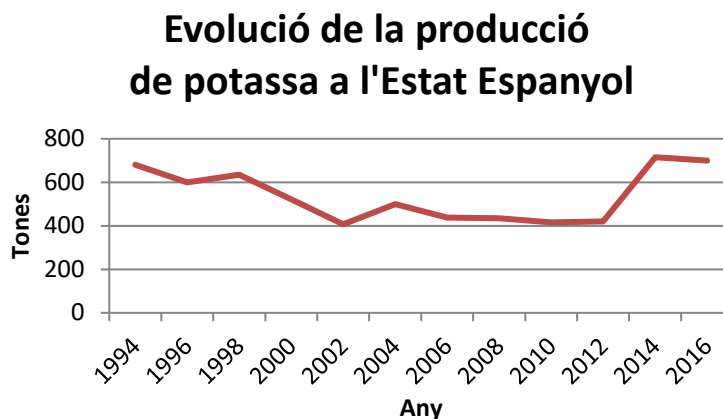


Figura 4.5 Evolució de la producció de potassa a l'Estat Espanyol. [US GEOLOGICAL SURVEY, 2016] *El valor de l'any 2016 és una estimació.

El terme potassa té un caràcter genèric i es pot referir a qualsevol de les diverses sals minerals, naturals o manufacturades, que contenen potassi (K) en forma soluble en aigua, el més comú entre ells és el clorur potàssic (KCl). Els principals minerals dels quals es pot obtenir potassa són la carnal·lita, la silvita o la caïnita. Va ser a partir de mitjans del segle XIX amb la descoberta del primer jaciment de potassa a Alemanya que la importància d'aquests minerals es va anar estenent en els cercles científics internacionals. A la comarca del Bages els minerals que s'extreuen són l'Halita (sal gemma o clorur de sodi, NaCl), la Silvita (Clorur de potassi, KCl) i la Carnal·lita (Clorur de magnesi i de potassi hidratat, $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

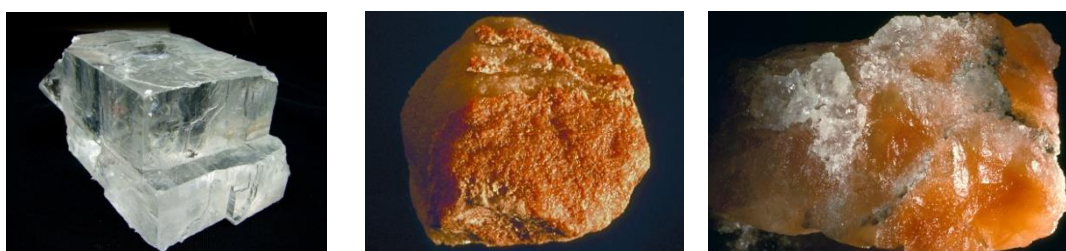


Figura 4.6 D'esquerra a dreta: Halita, Silvita, Carnal·lita. [VALLÈS, 2016]

El potassi (K) compleix moltes funcions vitals en una àmplia varietat de processos en plantes, animals i en l'home. Un ésser humà adult necessita aproximadament 2 grams de potassi al dia. Aquest nutrient es pot obtenir de la dieta humana gràcies a aliments com la llet, fruita, tubercles, etc. Normalment es pren en quantitats majors a les requerides per l'organisme i els excedents s'eliminen de forma natural. Pel que fa a les plantes, el nitrogen,

el fòsfor, i el potassi són els tres nutrients essencials que necessiten per créixer. La potassa juga un paper important en ajudar a les plantes a absorbir el potassi necessari per prosperar.

La potassa té tres usos principals com són la fabricació de fertilitzants, suplementes alimentaris per bestiar i processos industrials com ara producció de detergents, sabons i productes de vidre, entre altres. Entorn el 95% de la potassa del món s'utilitza per elaborar fertilitzants. La potassa és un ingredient clau en els adobs que milloren la retenció d'aigua de les plantes, augmenten el rendiment dels cultius i la resistència a les malalties. Per assegurar el saludable creixement de les plantes s'ha de mantenir un adequat subministrament de potassi al sòl mitjançant fertilitzants, els quals amb la quantitat adient no comporten cap risc pel medi ambient. La potassa contribueix positivament al medi equilibrant altres nutrients, especialment els nitrats, assegurant que aquests s'absorbeixen eficaçment per les plantes.



Figura 4.7 Cicle global de la potassa.
[JOHNSTON, 2016]

La demanda de fertilitzants actualment està creixent ràpidament degut a l'augment significatiu de la població en els darrers anys altament relacionat amb l'increment de la demanda d'aliments, especialment els cereals. A més la disminució de la terra conreable disminueix i requereix un rendiment dels cultius cada vegada més elevats per mantenir el ritme de la demanda. Aquests factors sumats a la desconexença de substituïts a la potassa que realitzi les mateixes funcions, fan d'aquest mineral un element clau per a la producció i desenvolupament de fertilitzants i de l'evolució de la població. [JOHNSTON, 2016], [VALLÈS, 2016], [US GEOLOGICAL SURVEY, 2016]

4.3. Obtenció de la potassa

4.3.1. Extracció de la mena

Des de l'antiguitat els mètodes d'extracció del mineral han evolucionat significativament, fent que l'extracció d'aquest fos més productiva, rentable i al mateix temps més segura pels treballadors.

Els mètodes d'explotació depenen molt del tipus de mina. Les mines subterrànies són molt complicades, especialment les de sal, que sovint pateixen problemes amb les vies d'aigua i moviments del terreny. L'obtenció de la potassa va ser fonamentalment manual fins a finals del segle XIX. Si el mineral no es trobava a la superfície es baixava a capes subterrànies a través de pous. En cas contrari, com és l'exemple de Cardona, l'explotació era a cel obert, seguint les tècniques de les pedreres. Un cop la sal era arrencada, es carregava a vagonetes amb capacitat de 6 tones arrossegades per mules, es triturava i es molia.

Actualment l'activitat minera es desenvolupa mitjançant l'explotació típica de cambres i pilars. Aquest procés consisteix en l'excavació d'àrees determinades mitjançant el buidat de mineral, deixant espais amb l'objectiu d'assegurar la sosteniment i espai de les zones de treball.

Perquè l'explotació del jaciment sigui segura obliga a realitzar dues tasques d'excavació: la de galeries d'explotació (sistema de cambres i pilars) d'on s'obtindrà el mineral més ric en potassa,

i les galeries d'infraestructura, construïdes en un paquet salí prou compacte com perquè les galeries que s'hi excaven puguin durar molts anys. Aquestes galeries es troben per sota el nivell potàssic i s'utilitzen com a eix d'entrada i sortida del mineral, trasllat de maquinaria, treballadors i ventilació, element clau a totes les mines.

Les màquines que s'utilitzen són els minadors continus adaptats a les característiques geològiques de la zona, els quals funcionen amb energia elèctrica i arrenquen la part de mineral més rica en potassa de forma selectiva. A la part davantera hi tenen instal·lats uns capçals amb punxes de vídia que graten la roca en un moviment circular el qual permet, al mateix temps

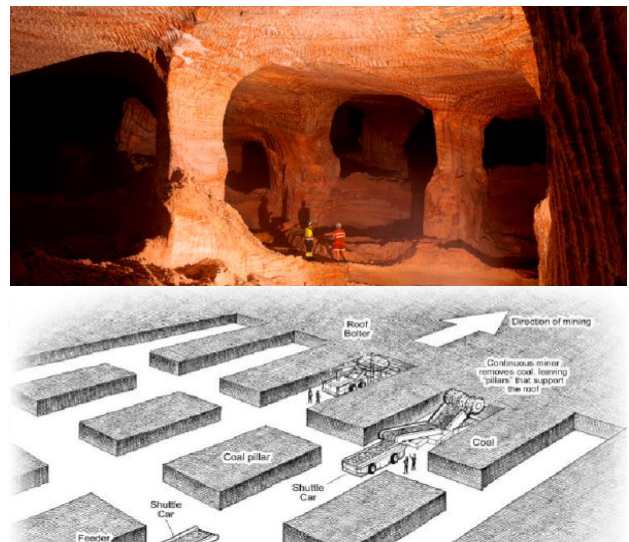


Figura 4.8 Galeries realitzades en el sistema de cambres i pilars. [FÀBREGA, 2012], [THE WV COAL SEAM, 2016]

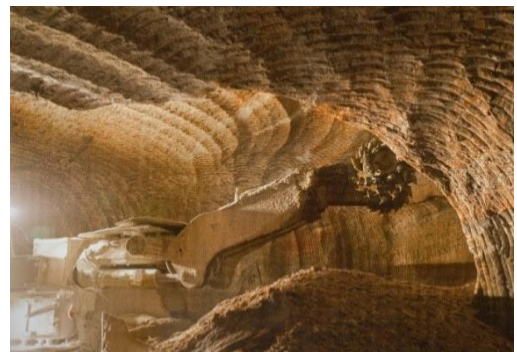


Figura 4.9 Minador a l'interior de la mina. [FÀBREGA, 2012]

extreure mineral i obrir una galeria segura. Tenen la capacitat d'arrencar 1 tona de material de les parets cada minut. L'excavació es realitza en forma d'avanç de galeries semicirculars. Darrere dels minadores, camions de perfil baix amb descàrrega telescòpica traslladen el mineral fins els pous de descàrrega, on es trasllada amb cinta transportadora fins a la base del pou vertical que conduirà el mineral a l'exterior. [FÀBREGA, 2012]

4.3.2. Tractament del mineral

Un cop el mineral es troba a l'exterior, s'ha de procedir a tractar-lo amb la finalitat de separar, mitjançant processos físics, la sal de la potassa. Primer es fracciona fins que s'aconsegueix que cada part tingui un diàmetre inferior a 0,8 mil·límetres. A continuació, per mitjà d'un procés aquós de sobresaturació de les aigües amb aquest mineral salí, es realitza una primera separació de materials insolubles per decantació, eliminant arena i impureses. Tot seguit, un procés de flotació dut a terme a la planta de tractament, permet separar la sal de la potassa. La flotació s'aconsegueix afegint components naturals no químics, com per exemple, oli de pi o goma de guar que permeten canviar el comportament hidròfob de la potassa, la qual evita l'aigua i amb l'ajuda de bombolles d'aire flota a les celes de flotació formant una espècie d'espuma. En una solució amb una densitat entre 1,99 i 2,16 g/cm³, el clorur de potassi flota i el clorur de sodi precipita al fons, permetent la separació dels minerals.

Unes pales giratòries són les encarregades de retirar de la superfície l'espuma granulosa la qual s'esbandeix amb aigua i salmorra saturada. El producte final es deshidrata, es centrifuga i s'asseca, primer per aspiració i després per calor amb assecadors industrials que funcionen amb gas natural. El clorur potàssic (KCl) que s'obté té una riquesa superior al 95% i una mitjana de granulometria compresa entre 0,5 i 0,8 mil·límetres. En aquest procés també s'obté clorur de sodi (NaCl) no pur, una part del qual es destina a la indústria electroquímica i l'altre és rebutjat. [FÀBREGA, 2012]

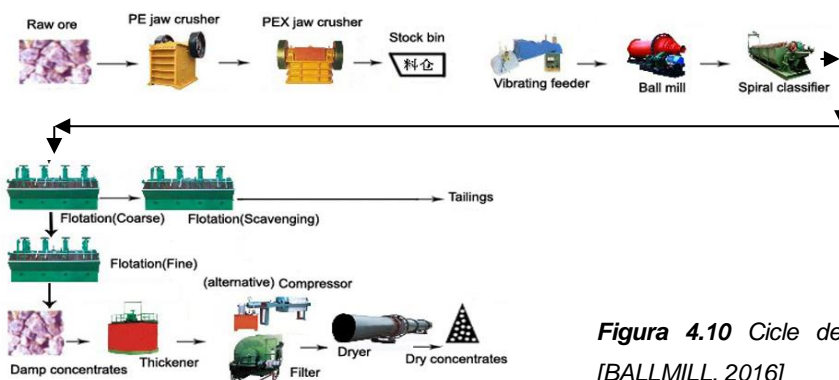


Figura 4.10 Cicle de tractament del mineral.
[BALLMILL, 2016]

4.4. Tractament de residus. Els runams salins

Els runams salins o escombreres neixen com a resultat de l'activitat minera i estan formats per materials de rebuig que s'acumulen al costat de les explotacions formant petites muntanyes estèrils que modifiquen les característiques de l'entorn on es troben. Durant les primeres dècades de l'explotació, el material de rebuig que es generava era dipositat a l'interior de la



Figura 4.11 Runam del Cogulló. [MONTSALAT, 2016]

mina, a les galeries abandonades. A partir dels anys 60, gràcies a la millora dels sistemes d'extracció, augmentà la producció i en conseqüència els residus salins generats, els quals es començaren a abocar sobre el terreny exterior sense cap prèvia adequació.

Els residus industrials especials reben aquest nom no per la possible toxicitat o perillositat, sinó perquè requereixen algun tractament especial abans de poder-se abocar. Aquest és el cas dels residus salins, els quals necessiten la impermeabilització del sòl per evitar la salinització de les aigües. Per tal de fer-se una idea de la magnitud dels runams salins del Bages, es pot comparar les seves dades amb les quantitats generades d'altres tipus de residus. La mineria potàssica del Bages, ella sola, genera una massa de sal de rebuig equivalent a la de tots els residus urbans o a la de tots els residus industrials de Catalunya. Aquestes magnituds, desorbitadament grans, comporten conseqüències ambientals de grandària proporcional sobre el paisatge i les aigües.

La composició mitjana del material que s'aboca als runams salins es detalla a la **Figura 4.12**. Principalment estan formats per clorur sòdic o sal comuna (83%), part de clorur de potassi que no s'ha aconseguit separar (3%), clorur de magnesi (2%), sulfat de calci (3%), argiles (1%) i aigua (8%) que la sal absorbeix per higroscopicitat.

Composició dels runams salins

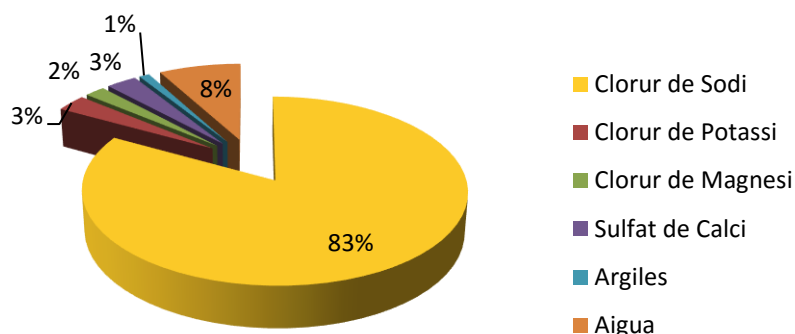


Figura 4.12 Composició dels runams salins. [BADIA, 1999]

A inicis del segle XXI, al Bages hi ha 7 runams salins. A la conca del Cardener s'hi troben els dos runams de Cardona, el nou en explotació i el vell abandonat, i els dos de Súria, el petit de Cabanasses, que l'any 2004 es recobrí de terra i és, per ara, l'únic runam del Bages tapat, i el gran del Fusteret en creixement accelerat. A la vall del Llobregat queden els dos runams abandonats de Vilaforns (Balsareny) i de la Botjosa (Sallent), i el més gran de tots, que creix dia a dia, el del Cogulló a Sallent. L'estimació del material de rebuig del conjunt de runams al Bages era, en començar l'any 2004, d'uns 70 milions de tones de residus salins i s'incrementaven a raó de 2 milions de tones anuals, acumulades en unes 100 hectàrees de terreny.

La **Figura 4.13** mostra les dades d'extensió, volum, massa i creixement anual dels runams de la comarca del Bages a finals de l'any 20003. Les mesures aproximades d'aquests runams es van modificant al llarg dels anys.

Runam	Superfície (Ha)	Volum (Mm³)	Massa (MT)	Creixement anual (MT)	Estat
Cardona, runam vell	9,5	3	5	-0,5	Explotació per Ercos
Cardona, runam nou	12,5	0,001	0,001	-0,00001	Àrea de restauració per Ercos
Cabanasses (Súria)	(1)	(0,005)	(0,1)	-0,001	Tapat
El Fusteret (Súria)	27	15	22	0,7	Creixement
Vilaforns (Balsareny)	(6)	(1,7)	(3)	0	Restaurat per l'ACA
El Cogulló (Sallent)	48	20	41	1,3	Creixement
La Botjosa (Sallent)	13,5	2,3	4	-0,05	Abandonat
Total	110,5	40,3	72	+1,45	

Figura 4.13 Runams del Bages. [MONTSLAT, 2016]

El funcionament hidrogeològic dels runams no és ben conegut però es pot afirmar que quan plou, l'aigua de la pluja dissol la sal superficial dels runams i es converteix en una aigua salinitzada. Aquesta aigua pot precipitar runam avall fins a barrejar-se amb aigua de torrents i rieres afluent del Llobregat i Cardener. De la mateixa manera, l'aigua també pot filtrar-se en el subsòl i contaminar aqüífers subterranis. [BADIA, 1999], [MONTSLAT, 2016]

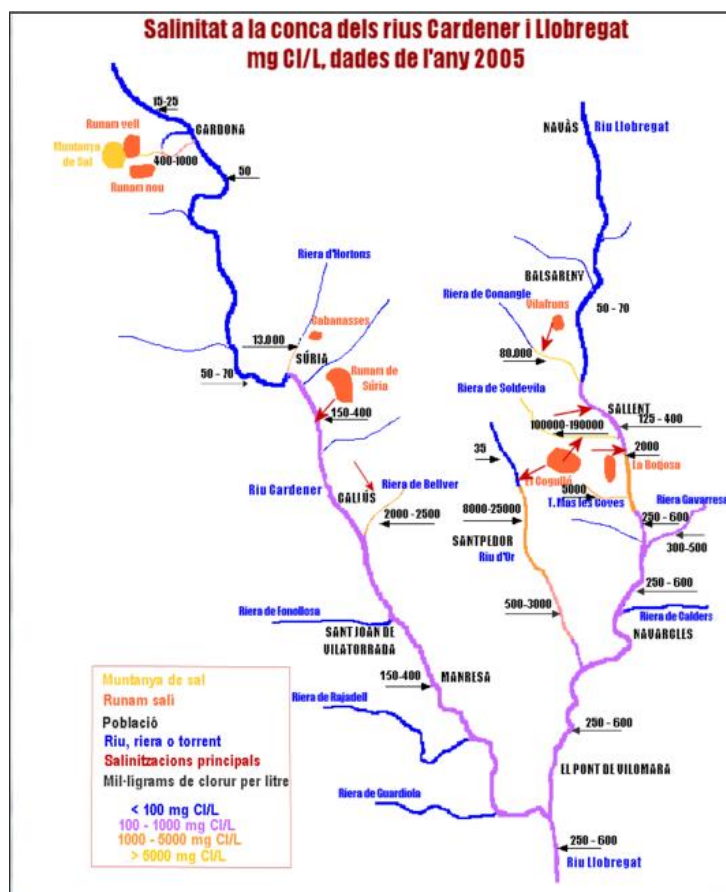


Figura 4.14 Situació dels runams i salinitat a la conca del Llobregat. [BADIA, 2007]

5. ESTAT DE L'ART DELS ESTUDIS DE CONTAMINACIÓ DEL LLOBREGAT

El riu Llobregat, a partir del segle XX ha estat sotmès a innumerables estudis de contaminació. Els primers es realitzaren el 1928 de la mà de l'enginyer Carlos Santamaría, el qual va concloure que el procés miner incrementava la mineralització del riu Cardener i va recomanar crear una comissió que estudiés el problema encara que no ho considerava perillós per a la salut pública. L'any següent la *Junta Superior de Extracciones Potásicas* va demanar que s'investigués la contribució de sal que feia la mina al riu de la zona.

Mentre es realitzava aquesta recerca fora de la llum pública, la Societat General d'Aigües de Barcelona (SGAB) va començar a notar un increment de clorurs en la seva font d'abastament a Cornellà, i el Laboratori Municipal de la ciutat va confirmar la tendència a l'alça.

El 1931 es van crear unes comissions perquè estudiessin el problema i proposessin solucions. Així doncs van néixer la Comissió per a l'Estudi de la Salinitat de les Aigües del Riu Llobregat (CESALL) i la Comissió Inspectora de la Salinitat del riu Llobregat (CISALL). A diferència dels estudis fets anteriorment, aquests van ser totalment transparents i van sotmetre el problema a informació pública.

A part dels estudis de salinitat, i a causa de l'increment de fàbriques properes al riu, es van començar a analitzar altres indicadors per detectar i fer el seguiment d'episodis de contaminació i determinar la qualitat de l'aigua. Aquests estudis, que avui dia encara es realitzen, es duen a terme per part de les administracions, l'Agència Catalana de l'Aigua, la SGAB, Aigües Ter Llobregat, Universitats i persones a títol individual entre altres. Actualment existeixen sistemes de control automàtic tot i que el resultat de la recerca manual sistemàtica resulten complementaris i a la vegada imprescindibles per conèixer millor l'estat de les aigües del Llobregat.

Degut a la gran quantitat d'estudis realitzats i de dades disponibles, en aquest apartat es pretén resumir l'evolució dels indicadors principals de contaminació mesurats al Llobregat des de finals del segle XX fins a principis del segle XXI amb dades extretes de la base de dades de l'Agència Catalana de l'Aigua juntament amb la comparativa i valoració d'estudis determinats d'accés lliure.

Cabal

El Llobregat, al tractar-se d'un riu de vessant mediterrani, presenta un cabal que es veu molt afectat pel clima temperat i amb dèficit d'aigua durant el període càlid de l'any i amb pluges estacionals. Com a conseqüència, el seu cabal és molt irregular, amb estiatge a l'estiu i crescudes i inundacions durant les èpoques de pluja. Aquestes variacions marcades de cabal poden originar períodes de contaminació més marcats que d'altres ja que les sals minerals, la matèria orgànica o els elements químics es poden dissoldre en més o menys facilitat segons el cabal i presentar-se en concentracions que poden arribar a ser perilloses per a la salut del riu i de les persones.

Temperatura

La temperatura al llarg dels darrers anys a patit un lleuger increment, entorn els 4 °C en els mateixos punts de control. A més es pot observar com l'aigua al recórrer quilòmetres augmenta la seva temperatura, sent també d'uns 4 °C la diferència entre el naixement i 100 Km riu avall. Aquest fet no és tant determinant per a la població humana però sí que ho pot ser per les espècies animals les quals es veuen obligades a desplaçar-se en altitud per buscar aigües més fredes. Els millors indicadors d'aquest fenomen són els insectes macroinvertebrats aquàtics, ja que són molt sensibles als efectes del canvi climàtic i excel·lents bioindicadors de bones condicions ambientals.

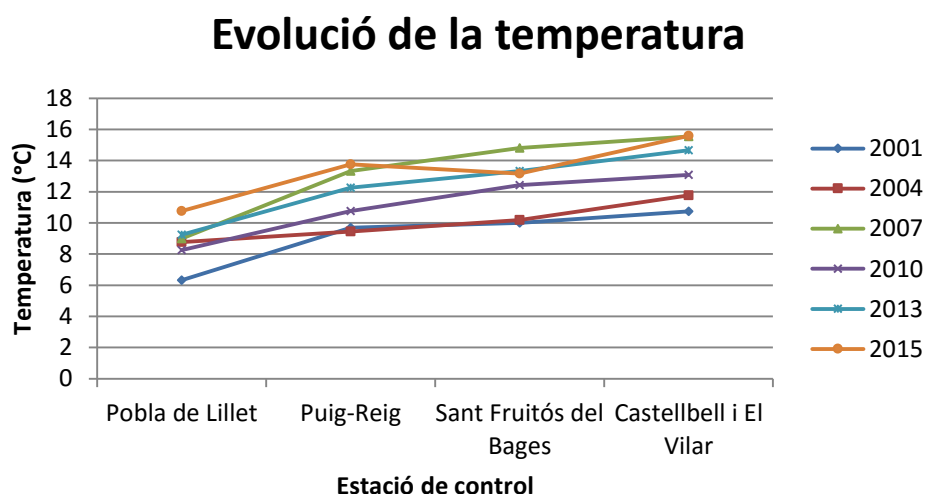


Figura 5.1 Evolució de la temperatura. Elaboració pròpia. [ACA, 2016]

Duresa

Els nivells de duresa, relacionats amb la concentració dels cations Ca^{2+} i Mg^{2+} augmenten a mesura que el riu transcorre pel seu curs. En aquest recorregut, l'aigua es posa en contacte amb diferents tipus de roques que poden dissoldre les seves sals. La geologia per on circula el riu és de roca calcària la qual cosa en facilita la dissolució. Tot i això en cap punt supera els límits establerts per l'Organització Mundial de la salut (OMS) la qual ha establert com a concentració màxima desitjable pel consum de 100 mg/L i una concentració límit de 500 mg/L tot i que aquesta depèn de la presència d'altres elements. Com s'observa, aquestes concentracions no es superen i es pot considerar que l'aigua té una qualitat acceptable en aquest aspecte. També cal destacar el punt de control de Sant Fruitós del Bages, proper a les mines i on presumiblement i ha més moviment de terra, el valor té més variabilitat entre els diferents anys.

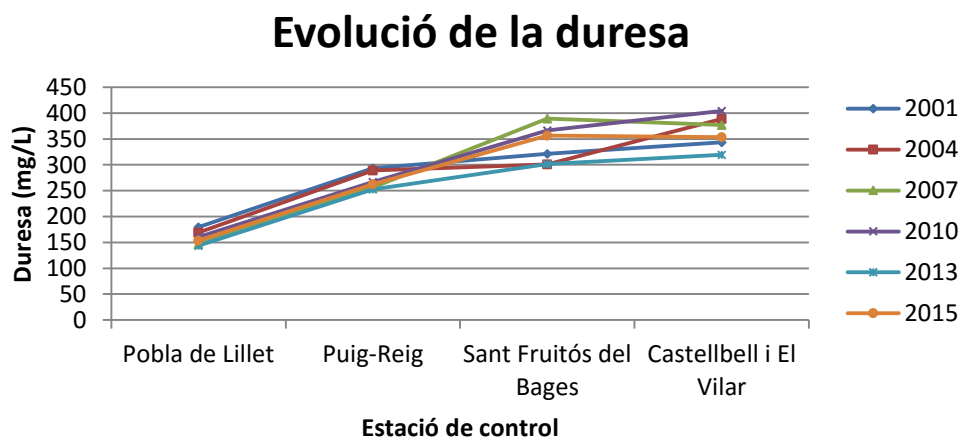


Figura 5.2 Evolució de la duresa. Elaboració pròpia. [ACA, 2016]

pH

El estudis indiquen que el pH és un paràmetre que es manté molt estable al llarg dels anys i dels diferents trams del riu. Si que és cert que hi ha un lleuger descens entre la capçalera i la zona minera però en tots casos està, amb escreix, dintre dels límits legals per al consum humà ja que aquests es situen a pH entre 6,5 i 8,5.

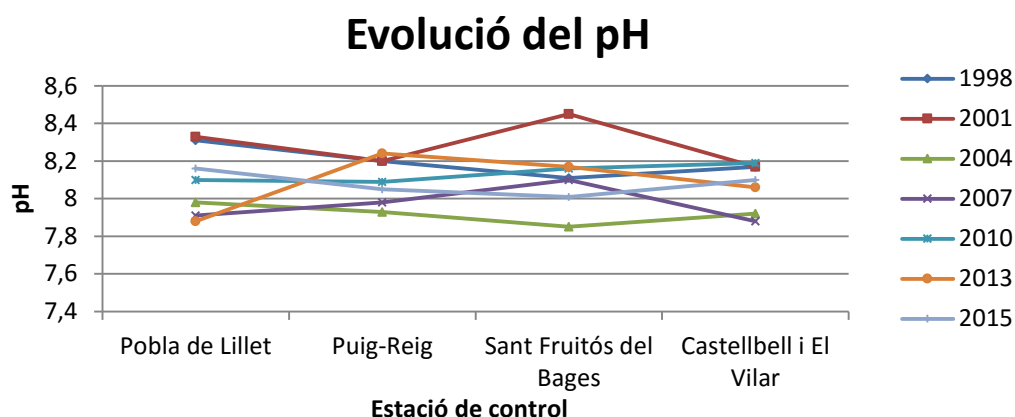


Figura 5.3 Evolució del pH. Elaboració pròpia. [ACA, 2016]

Conductivitat

La conductivitat és un dels paràmetres fisicoquímics que ha causat més controvèrsia al llarg dels anys ja que segons els estudis i com s'ha anat comentant al llarg d'aquest projecte ha anat en augment des de que es van obrir les mines. La dependència d'aquestes es pot apreciar clarament a la **Figura 5.4** on a partir de Sant Fruitós del Bages, passades les mines de potassa, els nivells augmenten significativament. Destacar que el límit de conductivitat per a poder potabilitzar l'aigua és de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Molts estudis conclouen, tal i com es pot apreciar, que en els darrers anys la conductivitat ha disminuït lleugerament però continua presentant valors massa elevats i propers al límit.

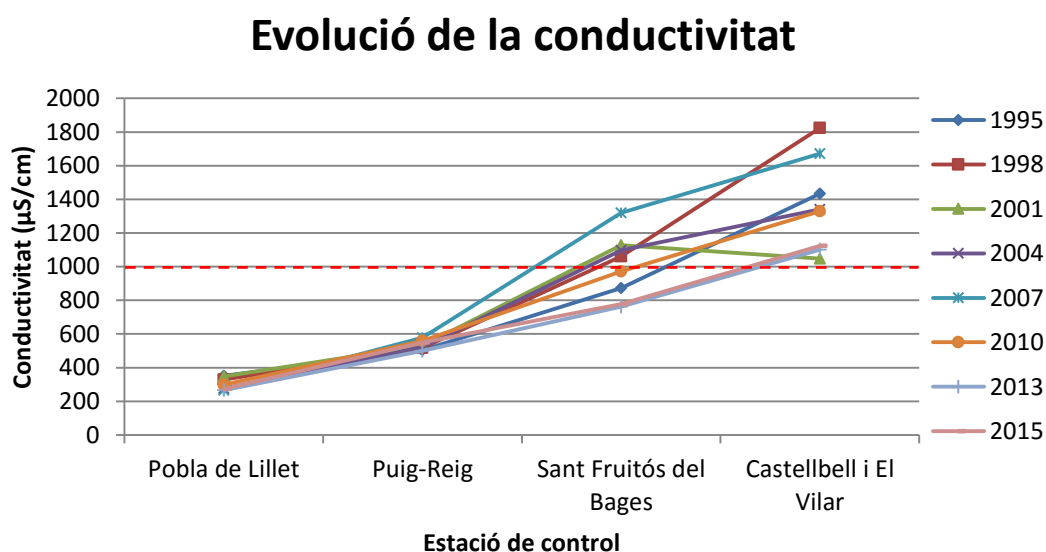


Figura 5.4 Evolució conductivitat. Elaboració pròpia. [ACA, 2016]

Clorurs

Un paràmetre que va fortament lligat a la conductivitat és la concentració de clorurs. La principal causa de la presència de clorurs a l'aigua procedeix de la geologia i d'aigües residuals. És un dels paràmetres més estudiats al llarg dels anys degut a la presència de les mines de potassa i als residus que aquestes generen. La següent **Figura 5.5** mostra l'evolució de la concentració de clorurs al llarg dels anys en diferents trams del riu. Com succeïa amb la conductivitat, la concentració augmenta quan el riu transcorre per la zona potàssica i a més, en els últims anys 5 anys els nivells estan per sota els límits establerts en 250 mg/L per aigües de consum.

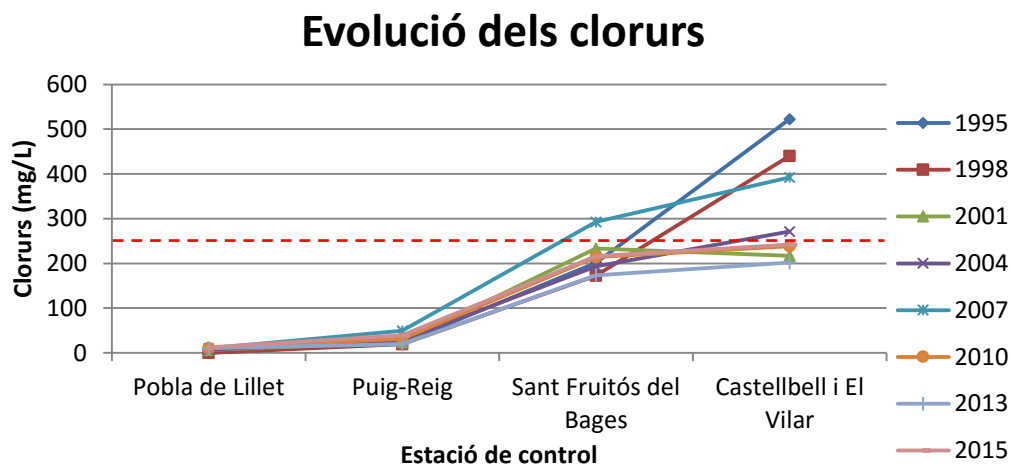


Figura 5.5 Evolució dels clorurs. Elaboració pròpia. [ACA, 2016]

D'aquest paràmetre es disposa de dades més antigues les quals es recullen en la **Figura 5.6**. En aquest cas es centra l'atenció en l'estudi recollit al llibre *Rius de Sal* [GOROSTIZA, 2015] realitzat en un punt més avall de Martorell del qual es recullen les dades de concentració de clorurs al llarg dels anys. Es pot observar que entre la segona i cinquena dècada del segle passat, el seu valor estava dintre els límits considerats avui dia legals. Coincidint amb l'augment de l'explotació de les mines, la concentració d'aquests es veu augmentada fins a nivells insostenibles a les dècades dels setanta i vuitanta, superant els límits aproximadament un 140%, arribant a pics del 280%. La detecció del problema va fer actuar, com es veurà més endavant, a l'empresa explotadora de potassa i a les administracions. Aquest fet es pot observar a partir del 1989, quan entra en funcionament el col·lector de salmorres i els clorurs del riu disminueixen significativament. Tot i això, els següents anys encara presenten valors superiors als límits establerts. S'ha de tenir present però, que els clorurs no només poden provenir de les mines sinó que també poden tenir altres orígens.

Histograma clorurs riu Llobregat, avall de Martorell (1915 – 2013)

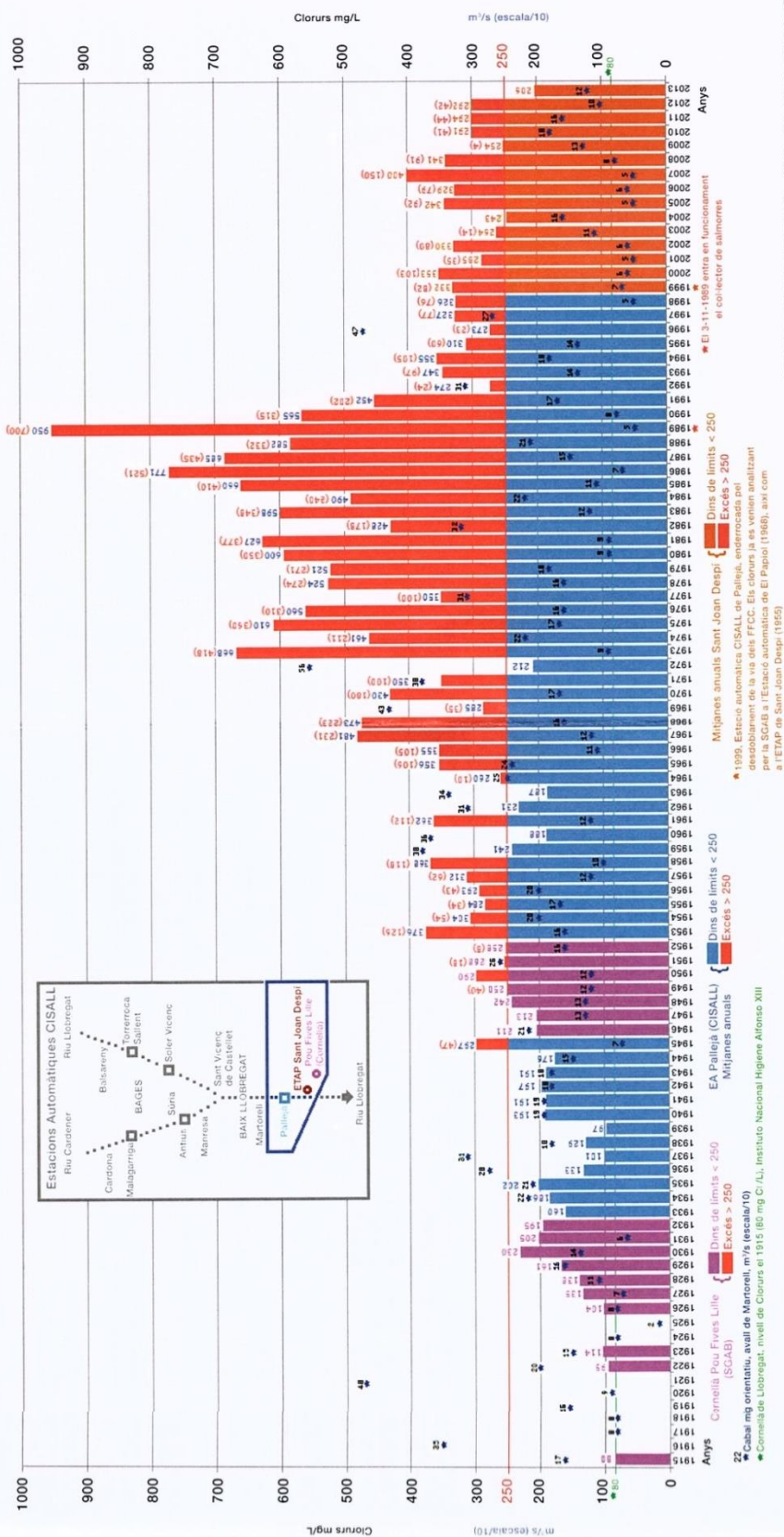


Figura 5.6. Evolució clorurs a l'ETAP de Sant Joan Despi. [GOROSTIZA, 2015]

Sulfats

Pel que fa els sulfats, s'observa a la **Figura 5.7** que augmenten significativament en el primer tram de riu, des de la capçalera fins a l'altura de Puig-Reig. A partir d'aquest punt generalment els valors es mantenen constants fins a patir un lleuger ascens un cop hi ha hagut l'aiguabarreig entre el Llobregat i el Cardener. El nivell màxim de sulfats suggerit per l'OMS en les directrius per la qualitat d'aigua potable és de 500 mg/L tot i que la Unió Europea estableix aquest límit en un màxim de 250 mg/L. Com es pot apreciar, el riu està lluny d'assolir aquests nivells per tant no ha estat contaminat per sulfats aquests darrers anys.

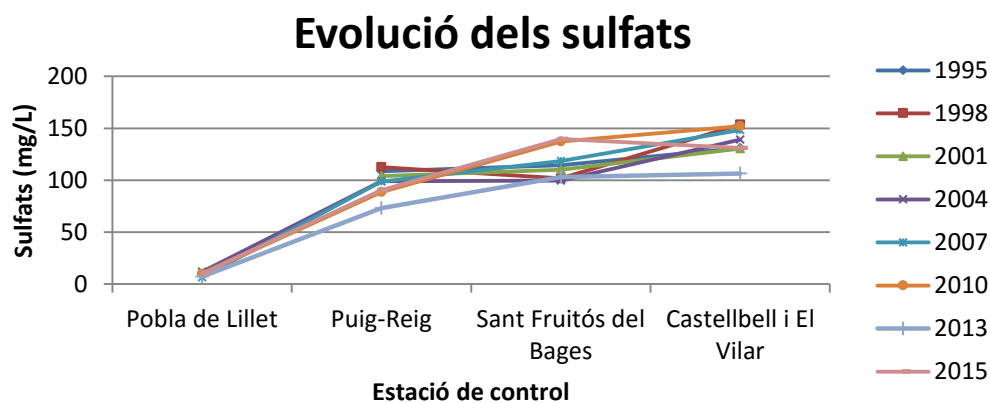


Figura 5.7 Evolució dels sulfats. Elaboració pròpia. [ACA, 2016]

Fosfats

Analitzant els fosfats, els nivells de concentració augmenten lleugerament al llarg del recorregut del riu. Els límits establerts en la directiva 75/440/CEE per aigües potabilitzables, estableix un límit de fosfats de 0,7 mg/L. Analitzant la **Figura 5.8** s'observa que aquesta concentració no s'assoleix la qual cosa indica que l'aigua, després de l'adequat tractament, seria apta pel consum humà. Tot i així, tenint en compte que els nivells es situen entre 0,2 i 0,5 mg/L pot ser perjudicial per l'ecosistema fluvial ja que és un nutrient que afavoreix el creixement d'algues i pot causar eutrofització.

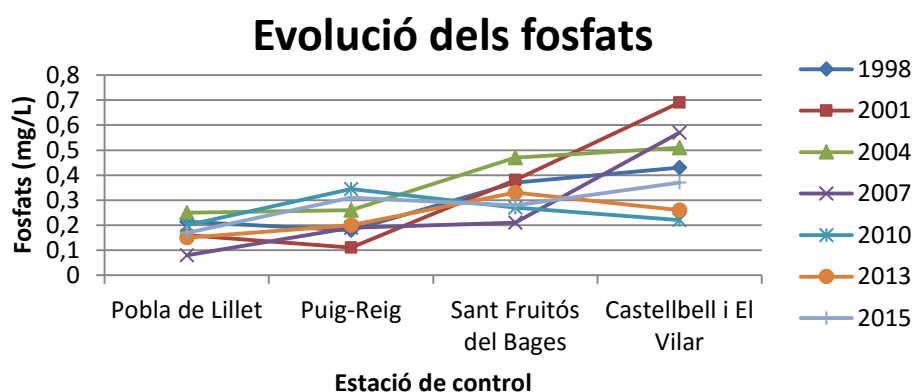


Figura 5.8 Evolució dels fosfats. Elaboració pròpia. [ACA, 2016]

Nitrats

Els nitrats es presenten en valors significativament diferents al llarg dels anys i no es pot establir una relació precisa. Comentar però que els nivells són molt inferiors al que estableix actualment la Comunitat Europea com a límit per a aigües potables el qual es troba entre els 25 i els 50 mg/L.

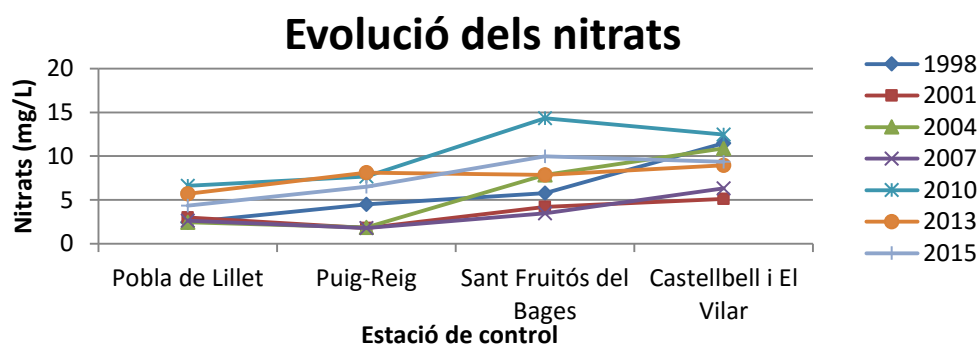


Figura 5.9 Evolució dels nitrats. Elaboració pròpia. [ACA, 2016]

Metalls pesants

Altres estudis, com el de *Salinitat i contaminació en la conca del Llobregat* [CASAS, et al., 2001], a part de la conductivitat i els clorurs també analitzen els nou metalls pesants més tòxics a la conca del Llobregat. En destaquen la baixa concentració de mercuri i cadmi amb valors molt inferiors als 1 i 5 µg/L respectivament reglamentats per la Directiva Europea. Es conclou que el riu Llobregat no presenta cap problemàtica relativa a metalls pesants tòxics tot i que s'augmenta el seu contingut al llarg del riu. L'arsènic, el crom, el níquel i el zinc són els que presenten un augment més significatiu riu avall, multiplicant-se per deu en molts casos al llarg del seu recorregut. Veure **Figura 5.10**.

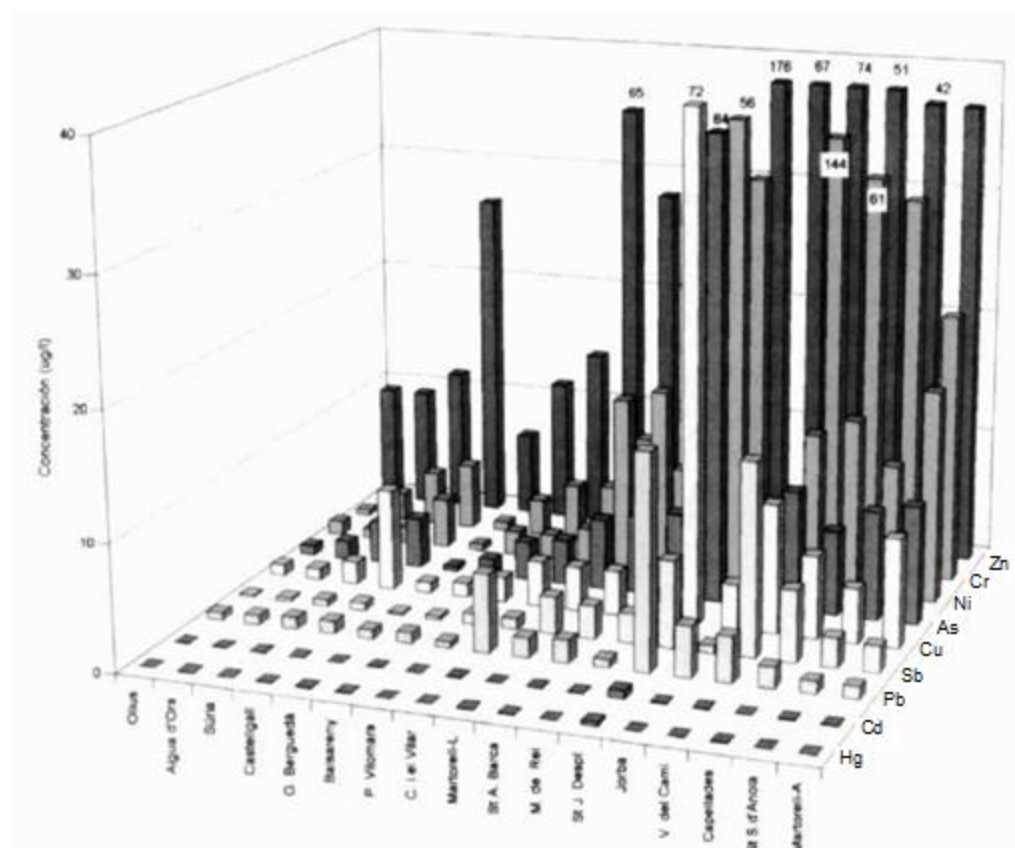


Figura 5.10 Concentracions de metalls pesants. [CASAS, et al., 2001]

Un cop analitzats tots els paràmetres i a mode de resum, cal destacar que pràcticament tots els estudis conclouen que el riu presenta una alta conductivitat i uns alts nivells de clorurs que comprometen a la sostenibilitat del riu a diferència d'altres indicadors que estan dintre els límits establerts. A més comenten que el col·lector de salmorres ha tingut un efecte important en la reducció d'aquesta contaminació però no és prou eficient per aconseguir eradicar el problema, així que s'han de trobar noves solucions per afrontar-lo.

També cal tenir present que els indicadors que s'han analitzat són fisicoquímics i aporten una idea de la qualitat del riu de manera puntual ja que aquests poden variar fàcilment i ràpidament. En canvi els indicadors biològics reflecteixen la qualitat de l'aigua durant un cert període de temps, ja que actuen com a monitors de constants pel fet que el curs d'aigua és el seu hàbitat natural. D'altra banda, habitualment no informen de la causa concreta que provoca la disminució de la qualitat biològica sinó la idea global de salut de l'ecosistema. A les següent **Figura 5.11** es pot observar la qualitat biològica del tram del riu Llobregat entre les comarques del Berguedà i Bages comparada amb la qualitat fisicoquímica. Dades de l'ACA de l'estudi realitzat el 2012. [ACA, 2016]

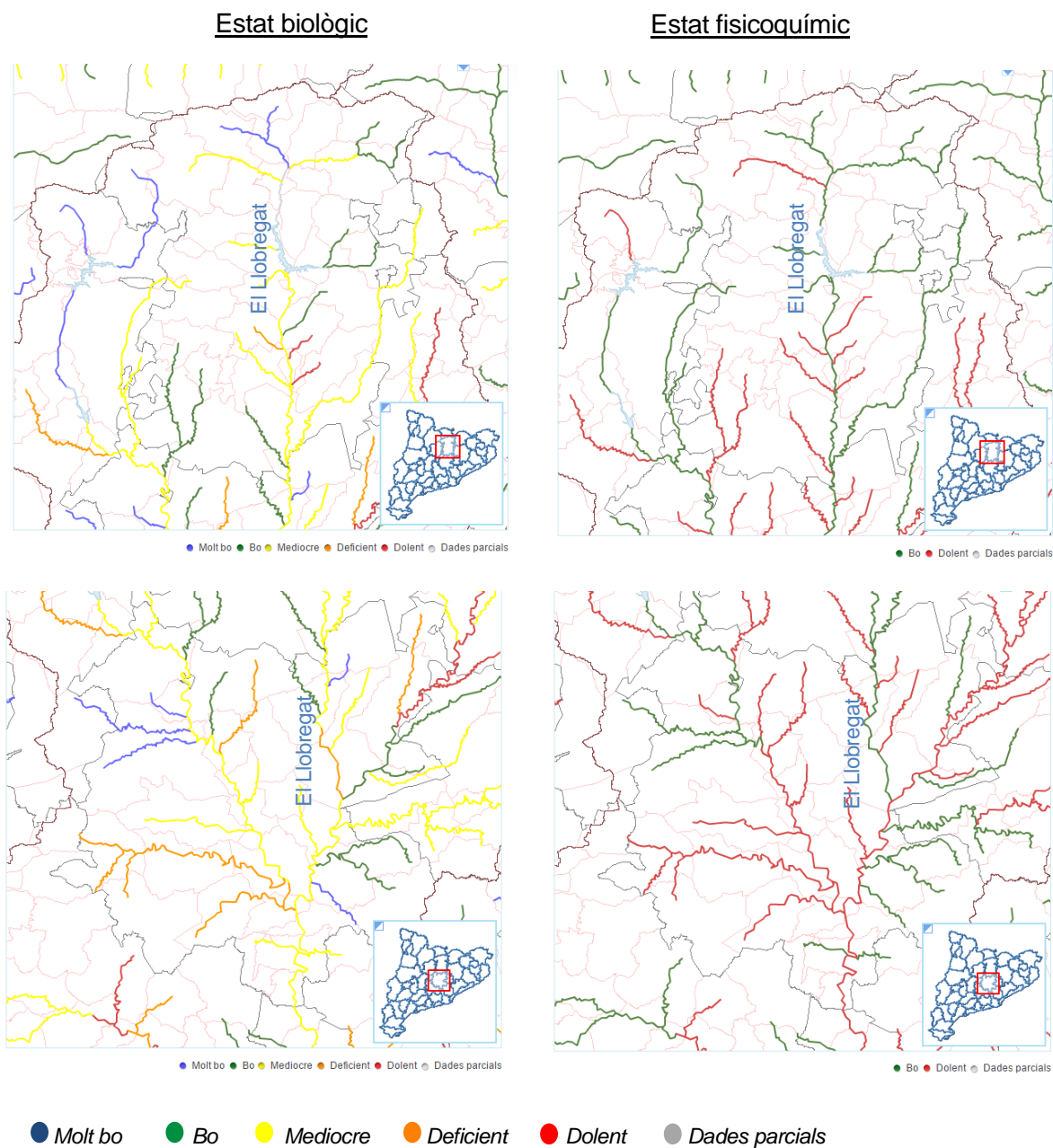


Figura 5.11 Estat biològic i fisicoquímic del Llobregat al pas pel Berguedà i el Bages a l'any 2012. [ACA, 2016]

Com es pot observar la qualitat biològica del riu Llobregat és mediocre en tot el seu curs pel pas de les comarques del Berguedà i Bages exceptuant el seu naixement on la qualitat és molt bona degut a que no ha patit contaminació deguda a agents externs. Pel que fa l'estat fisicoquímic, varia segons els trams, sent bo en tot el Berguedà i l'inici del Bages i dolent a partir del pas del riu per la zona minera.

6. PROJECTES DE MILLORA

Els projectes de recuperació i millora del riu no es comencen a dur a terme fins a principis del segle XX, quan es fa evident que l'estat del riu és crític i cal actuar per capgirar la situació i obtenir una aigua de qualitat tant pel consum humà com pels processos industrials. Cal destacar que on s'han aplicat més plans de mesures és en el tram baix del Llobregat, ja que les seves aigües acumulen la contaminació i residus abocats al llarg del seu curs.

6.1. Construcció d'estacions de tractament d'aigües

A la segona meitat del segle passat, al Baix Llobregat es va presentar una manca d'aigua disponible a causa de l'augment de demanda. Els recursos hídrics provenien de l'aqüífer de Cornellà els quals eren insuficients i van fer evident la necessitat d'aprofitar les aigües superficials del riu Llobregat. El 1955 es va posar en marxa l'Estació de tractament d'aigua potable (ETAP) de Sant Joan Despí, encarregada del tractament i adequació de l'aigua per al consum humà. A l'any 1962 va ser ampliada i el 1980 es va construir una altra ETAP a Abrera, actualment a càrrec d'Aigües Ter Llobregat (ATLL). Tot i aquestes mesures s'han anat introduint nous tractaments desenvolupats pels diferents programes I+D de SGAB i que continuen en l'actualitat per tal d'adaptar-se progressivament a la Normativa de criteris sanitaris de qualitat de les aigües pel consum humà recollida al RD 140/2003.

A més d'aquestes dues grans infraestructures també s'han construït estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR) al llarg del riu. Aquestes instal·lacions tenen per objectiu tractar i netejar les aigües residuals urbanes o industrials per poder-les tornar al medi natural i preservar l'equilibri ecològic. Actualment la conca del Llobregat compta amb un centenar d'EDARS. [HUGUET, 2010]

6.2. Derivament del riu Anoia i la riera de Rubí

Des dels inicis de la captació superficial d'aigua del riu Llobregat, amb la finalitat de potabilitzar-la per l'abastament de la Regió Metropolitana de Barcelona, l'any 1955 es van detectar greus episodis de contaminació provinents del riu Anoia i la Riera de Rubí els quals provocaven la parada de l'ETAP de Sant Joan d'Espí tant per contaminació de tipus físic com de tipus químic i microbiològic degut a la gran quantitat d'abocaments d'aigües

residuals urbanes i industrials de la zona. No va ser fins el 1969 quan es va definir el projecte de desviament dels cabals contaminats, mitjançant la seva inclusió al sistema de canals del marge esquerra del riu Llobregat, bàsicament per usos agrícoles i amb la finalitat de millorar el sistema de sanejament. [HUGUET, 2010]

6.3. Desviament de l'aigua del meandre del Cardener al pas per La Coromina

L'any 1999 la Generalitat decidí desviar el curs natural del riu al pas per Cardona per tal d'evitar les filtracions salines que amenaçaven en contaminar el Cardener i el Llobregat provocant greus incidències en l'abastiment d'aigua potable a l'àrea de Barcelona. A més, el desviament del riu -que es va fer a través del túnel de La Plantada- va permetre evitar els esfondraments o bòfies que l'aigua dolça del riu provocaven en el subsòl de la vall salina, sobretot a l'entorn del canal industrial d'Aranyó. L'any 2008 l'aigua tornà a fluir pel meandre després de realitzar intervencions que van permetre l'adequació de la zona i donar valor paisatgístic i ciutadà. [SOLER, 2011]



Figura 6.1 Imatge satèl·lit on es pot observar el riu Cardener (blau), el tram afectat (línia discontinua) i el túnel construït per evitar el pas de l'aigua pel tram afectat (vermell). [SOLER, 2011]

6.4. Actuacions portades a terme a les infraestructures mineres

Bona part dels materials de rebuig de la mineria potàssica presenten una mida que impossibiliten o dificulten el seu trasllat en un lloc amb impermeabilització adequada on el seu impacte ambiental quedi minimitzat. Per aquest motiu es plantegen i es duen a terme solucions per evitar la contaminació de l'aigua i el terreny.

Una mesura és utilitzar el material de les escombreres com a matèria primera per la indústria del clor. Aquesta solució s'ha aplicat als runams de Cardona, tant el vell com el nou el qual ha permès disminuir-ne les seves dimensions gràcies a l'extracció del residu el qual

se'n purifica el clorur sòdic. Tot i això la demanda de clorur de sodi és molt menor a la quantitat que es produeix diàriament com a residu del procés de fabricació de la potassa a la resta de mines actives. Per cada quilogram de potassa que s'extreu es generen tres quilograms de clorur de sodi residual. Així doncs, aquest reaprofitament com a subproducte disminueix la problemàtica però no el resol.

Una segona solució ha sigut reomplir la mina amb el material de l'escombrera, el que permet reduir bona part de l'impacte visual i mediambiental. Aquesta acció s'ha executat en algunes ocasions, com a la mina Enrique de Sallent però tampoc aporta una solució a la totalitat del problema degut al major volum del residu respecte les galeries mineres ja que aquestes disminueixen de volum a causa de la convergència del terreny originada per la plasticitat de l'halita i la silvita.

Altres solucions plantejades, com el trasllat dels materials de rebuig fins al mar, tal i com apuntava l'edició del 10/04/2015 de "La Vanguardia" i on es deia que aquesta alternativa de futur només pot ser considerada en el moment que hi hagi certesa d'un col·lector de salmorres suficientment dimensionat i s'asseguri la disponibilitat d'aigua suficient, uns 3.325.000 m³ per any, aspecte que no està dintre de les possibilitats reals de l'empresa explotadora. A part d'aquest problema, es preveu que aquest projecte és totalment inviable des del punt de vista econòmic. [CERRILLO, 2015]

Una altra forma de restaurar els runams és la impermeabilització per evitar la seva interacció amb l'aigua de la pluja i així evitar la sortida d'aigua salada. Amb aquesta idea en el runam de Vilafruns s'ha realitzat un projecte pilot d'actuació per la inertització de l'escombrera. L'execució és molt més complexa que cobrir l'escombrera amb una lona ja que s'han de poder controlar les aigües freàtiques per evitar el procés de dissolució de les sals de la base del runam les quals poden donar lloc a esfondraments i deixar inservibles les

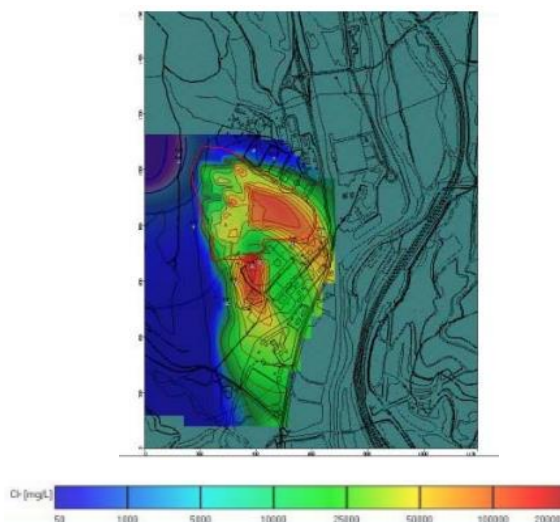


Figura 6.2 Model numèric-matemàtic de la contaminació salina dels aqüífers sota l'escombrera de Vilafruns. La columna inferior indica el contingut en clorur de les aigües en mg/L (FCIHS, 2009) [SOLER, 2011]

actuacions d'impermeabilització realitzades a la superfície. En aquest sentit s'ha creat una xarxa de control de les aigües subterrànies i una sèrie de drenatges per evitar la dissolució de la base de l'escombrera. Prèviament també es va realitzar un exhaustiu treball de caracterització geològica i hidrogeològica i es determinà l'abast de la contaminació mitjançant anàlisis hidroquímics. Veure **Figura 6.2**.

El projecte de restauració també contempla actuacions com la remodelació de la superfície del runam per donar un menor pendent per tal de facilitar la sustentació del geotèxtil d'impermeabilització situat a la superfície, el desenvolupament d'una capa vegetal de protecció que eviti l'erosió durant episodis de pluja intensa i al mateix temps minimitzi l'impacte visual de l'escombrera.

A la resta de runams s'han construït rases al seu voltant per tal d'evitar que la salmorra circuli superficialment pel terreny després de pluges intenses i afecti a extensions de bosc properes als runams. Les aigües recollides s'envien al col·lector de salmorres.

El runam de Cabanasses, a Súria va ser cobert sense impermeabilització. Aquesta acció va originar una reducció del 90% de la salinitat al torrent d'Hortons l'any 2004 però l'abandó de les basses de recepció de salmorra durant el període del 2005 al 2009 van fer tornar el torrent d'Hortons a la situació de salinització anterior.

Totes aquestes solucions permeten disminuir el creixement de les escombreres o reduir l'impacte mediambiental però no són del tot efectives. La infraestructura que ha tingut un impacte més positiu pel que fa a la reducció de la contaminació del riu Llobregat és el col·lector de salmorres. [HUGUET, 2010], [MONTALAT, 2016], [SOLER, 2011]

Col·lector de salmorres

El col·lector de salmorres és una infraestructura hidràulica dissenyada i construïda amb la finalitat d'evitar l'abocament de les aigües carregades de clorurs procedents de la mineria potàssica als rius Llobregat i Cardener i d'aquesta manera preservar la qualitat de l'aigua captada pels abastaments urbans, agrícoles i industrials.

El col·lector de salmorres té a darrere una llarga història d'intents sense resultat. L'any 1933 es projectà la construcció d'un canal col·lector que recollís els abocaments salins el qual es va incloure en la previsió del Pla General d'obres Públiques del 1935. La Guerra Civil, però, en va aturar la realització. El nou projecte va ser aprovat el 1940 però les obres no van

començar fins el 1983, un cop restablerta l'autonomia de Catalunya i recuperades les competències en sanitat, aigües i sanejament a les conques internes. El col·lector es posà en marxa l'any 1989 i provocà un significatiu descens en la salinitat registrada.

L'obra consisteix en dues conduccions unides en un punt formant una "Y" degut a la situació de les fonts de residus i de la pròpia geografia d'actuació. El primer braç, de 39 Km, regula les salmorres provinents de la conca del riu Cardener i el segon s'estén al llarg de 28 Km per la conca del Llobregat recollint les aigües de les mines de Balsareny i Sallent.

Les dues conduccions conflueixen a Castellgalí, i des d'aquest punt segueixen a través d'una única conducció de 58 Km fins arribar a la desembocadura que es situa, des de l'any 2004 a l'EDAR del Prat de Llobregat on les aigües són tractades i transportades fins al mar.

El col·lector està construït de fibrociment i pot transportar un cabal màxim de 150 L/s. Funciona principalment per gravetat amb excepció dels bombejos interns de les mines per omplir les basses de regulació de l'efluent. Està subdividit en diferents trams delimitats per arquetes de tractament de càrrega que permeten limitar les pressions a les que es veuen sotmeses les canonades i eviten el buidat del col·lector en cas de tancar les entrades de l'efluent. [ESCRIU, 1985], [FÀBREGA, 2009], [VIDAL, 2011]

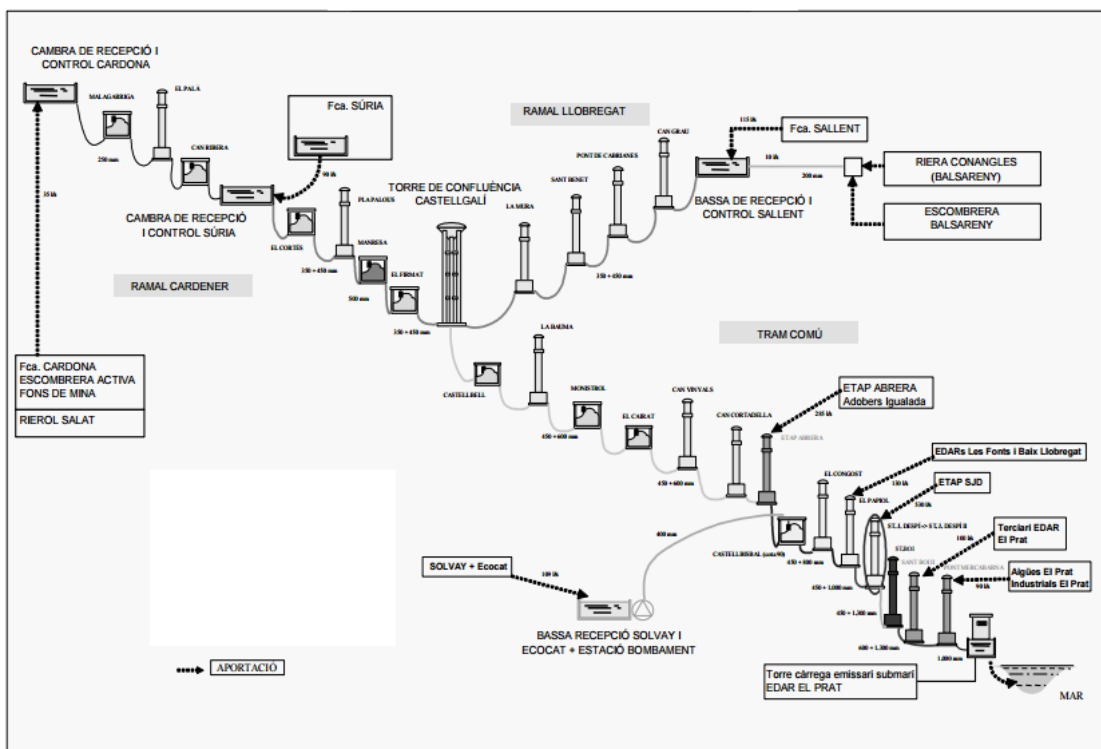


Figura 6.3 Esquema del col·lector de salmorres. [VIDAL, 2011]

Degut al creixement de l'explotació, el col·lector de salmorres quedà petit ja que no podia transportar tot el cabal produït de residus salins. Per aquest motiu l'any 2008 es desdoblà l'antic col·lector en el tram de 32 Km entre Abrera i la depuradora del Baix Llobregat. Aquesta reforma aportà seguretat i la possibilitat de connexió de noves aportacions d'aigües residuals salines procedents de plantes potabilitzadores d'abastament d'Abrera i Sant Joan Despí i de diverses indústries del Baix Llobregat.

L'any 2015 l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) va posar a informació pública el projecte constructiu de millora tècnica i de capacitat hidràulica del col·lector de salmorres. La nova conducció, pressupostada en prop de 99 milions d'euros, tindrà una capacitat de transport de 317 L/s, una longitud de 112 Km i està previst que les obres comencin el 2016. Les actuacions es realitzaran al primer tram del col·lector, es a dir, des de Cardona i Balsareny fins a Abrera. [ACA, Comunicat de premsa]



Figura 6.4 Trams d'actuació del col·lector de salmorres en les diferents fases. [ACA, Comunicat de premsa]

Des de la posada en funcionament del col·lector s'ha registrat un descens considerable de la salinitat i han millorat les condicions dels rius Cardener i Llobregat. Malgrat tot, el col·lector ha patit més de 475 fuites degudes a diferents causes, provocant devastadors efectes locals sobre el medi.

Per alguns exemples veure:

Regió 7, 12 de juny de 2009, "El col·lector de salmorra torna a vessar a prop de Cabrianes"

Regió 7, 31 Agost de 2011, "El col·lector de salmorra vessa a Martorell i hi arrasa 1,5 hectàrees"

El Punt, 10 de juny 2009, "Es vessen 280 metres cúbics de salmorra a Sallent per una fuga"

7. METODOLOGIA

Un cop analitzada l'evolució històrica del riu, la situació actual i la quantitat de factors que poden influir en la qualitat de les seves aigües, es desitja estudiar diferents paràmetres per determinar l'estat actual del riu i detectar les possibles fonts de contaminació.

Per fer-ho s'elabora una metodologia específica que consisteix en:

- Escollir els paràmetres que es desitgen analitzar.
- Seleccionar de manera adequada diferents trams del riu per realitzar la recollida de mostres. Aquests punts han de tenir unes peculiaritats que els facin distintius de la resta per tal de poder realitzar una comparació entre ells i entre el seu entorn.
- Escollir les tècniques analítiques més adequades per tal de determinar la concentració de cada indicador.
- Realitzar els anàlisis al laboratori i els càlculs pertinents per obtenir els resultats.
- Analitzar i comentar els resultats.

Un cop finalitzades totes aquestes tasques es tindrà la informació necessària per determinar la qualitat de l'aigua del riu i extreure conclusions referents a la interacció entre les activitats humanes i la naturalesa.

En els capítols següents es desenvolupen els aspectes esmentats en aquest apartat.

8. ZONES DE MOSTREIG

Per realitzar l'estudi de les aigües del riu Llobregat i assolir els objectius establerts cal escollir acuradament les zones de mostreig les quals han de ser indicatives de la contaminació que pot patir el riu. Com que l'anàlisi es realitza entre les comarques del Berguedà i el Bages, es decideix prendre mostres des del curs alt fins a l'altura de l'aiguabarreig amb el Cardener, establint tres punts de mostreig per comarca.

Punt 1: Fonts del Llobregat. Castellar de n'Hug, Berguedà (42° 16' 55,4" N ; 2° 00' 44,3" E). Es decideix seleccionar aquest punt perquè es considera que és el que pateix la mínima contaminació tant natural com produïda per l'home ja que l'aigua surt de l'aqüífer subterrani i a penes ha establert contacte amb activitats humanes o amb la naturalesa. Aquesta peculiaritat pot servir per comparar determinats indicadors d'aquest tram amb els que s'obtenen riu avall.

Punt 2: Pont de Pedret, Cercs, Berguedà (42° 6' 37,38" N ; 1° 52' 53,76" E). S'escull aquest punt de mostreig degut a que és la primera zona propera a una població relativament gran, Berga, i es pretén veure si hi ha indicis de contaminació antròpica originària de processos o activitats industrials que es puguin haver realitzat a la zona.

Punt 3: Cal Ponç, Puig-Reig, Berguedà (41° 57' 45,48" N ; 1° 52' 55,66" E). És el darrer punt al Berguedà. S'analitza aquest tram perquè el riu ha transcorregut per un seguit de colònies que antigament eren fàbriques tèxtils i que actualment s'han convertit en polígons industrials que realitzen activitats diverses com ara la fabricació de productes, tallers mecànics, serradores, entre d'altres. Aquest conjunt d'activitats es creu que poden influir en la qualitat de l'aigua del riu.

Punt 4: Vilafruns, Balsareny, Bages (41° 50' 18,07" N ; 1° 52' 47,13" E). Des de Puig-Reig fins a aquest punt les activitats industrials són molt similar i el seu volum no augmenta significativament. És en aquesta zona on la tipologia d'indústria canvia, sent la mineria la que pot causar més impacte. Tot i que la mina d'aquest emplaçament està aturada, s'escull aquest punt per veure si una mina que no s'està explotant amb un runam restaurat té un efecte important en el riu. Destacar que en aquest tram també s'hi situen nombrosos cultius d'horts.

Punt 5: Polígon Berenguer, Sallent, Bages (41° 47' 47,79" N ; 1° 54' 4,58" E). Com en el cas anterior l'activitat principal en aquest tram és l'extracció de potassa. Es decideix realitzar l'estudi d'aquest punt degut a la gran proximitat a la mina en explotació que té per runams salins la Botjosa i el Cogulló, un d'ells en creixement i ambdós sense restaurar.

Punt 6: Sant Vicenç de Castellet, Bages (41° 39' 56,63" N ; 1° 51' 26,46" E). Darrer punt estudiat a la comarca del Bages. Es desitja analitzar aquest tram ja que riu amunt s'ha produït l'aiguabarreig del Llobregat i el Cardener i es pretén estudiar l'evolució dels paràmetres de qualitat després de l'augment de cabal del riu tot i que la zona també presenta polígons industrials propers.

Punts de mostreig al Berguedà:

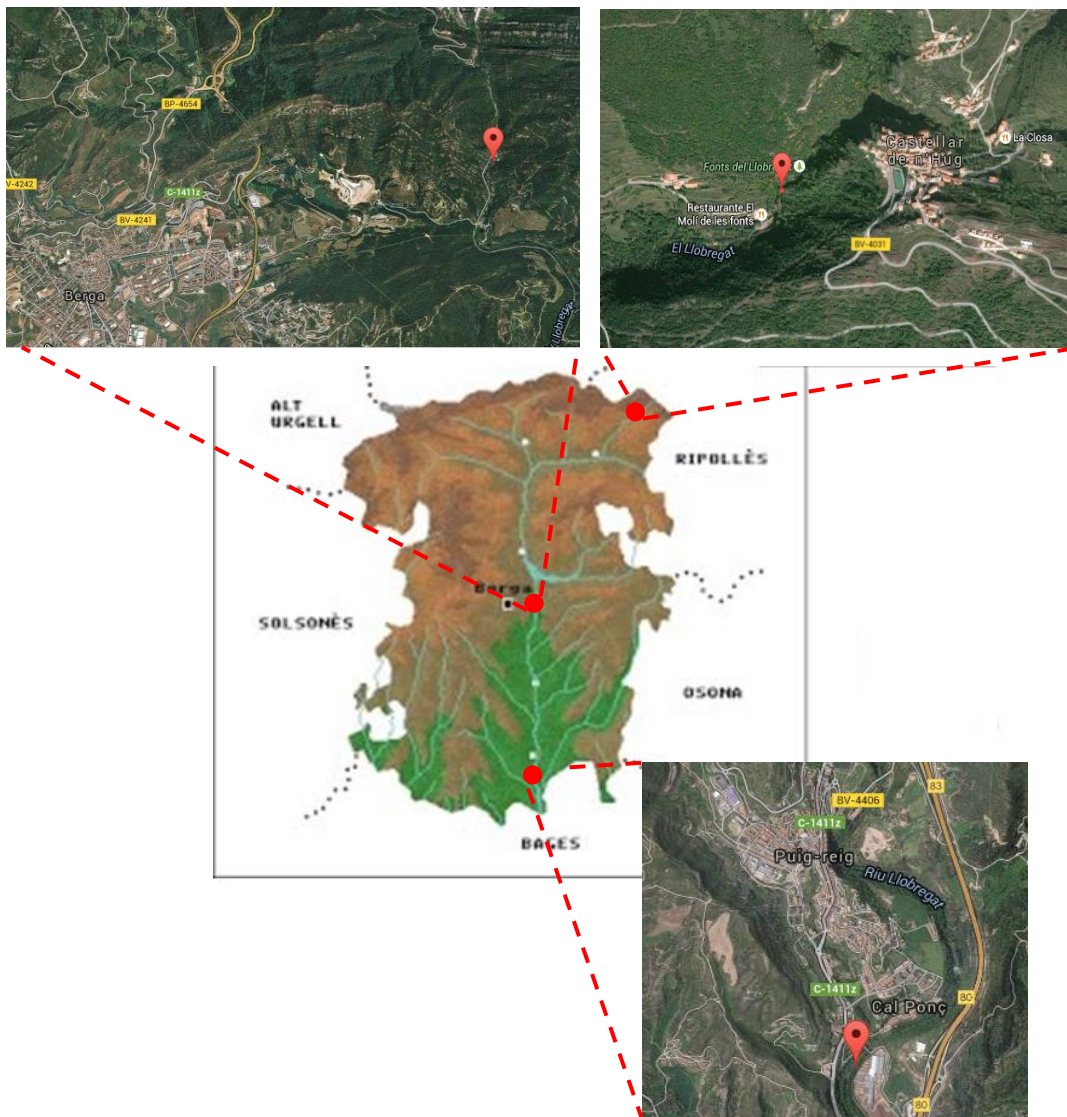


Figura 8.1 Punts de mostreig al Berguedà. Elaboració pròpia.

Punts de mostreig al Bages:

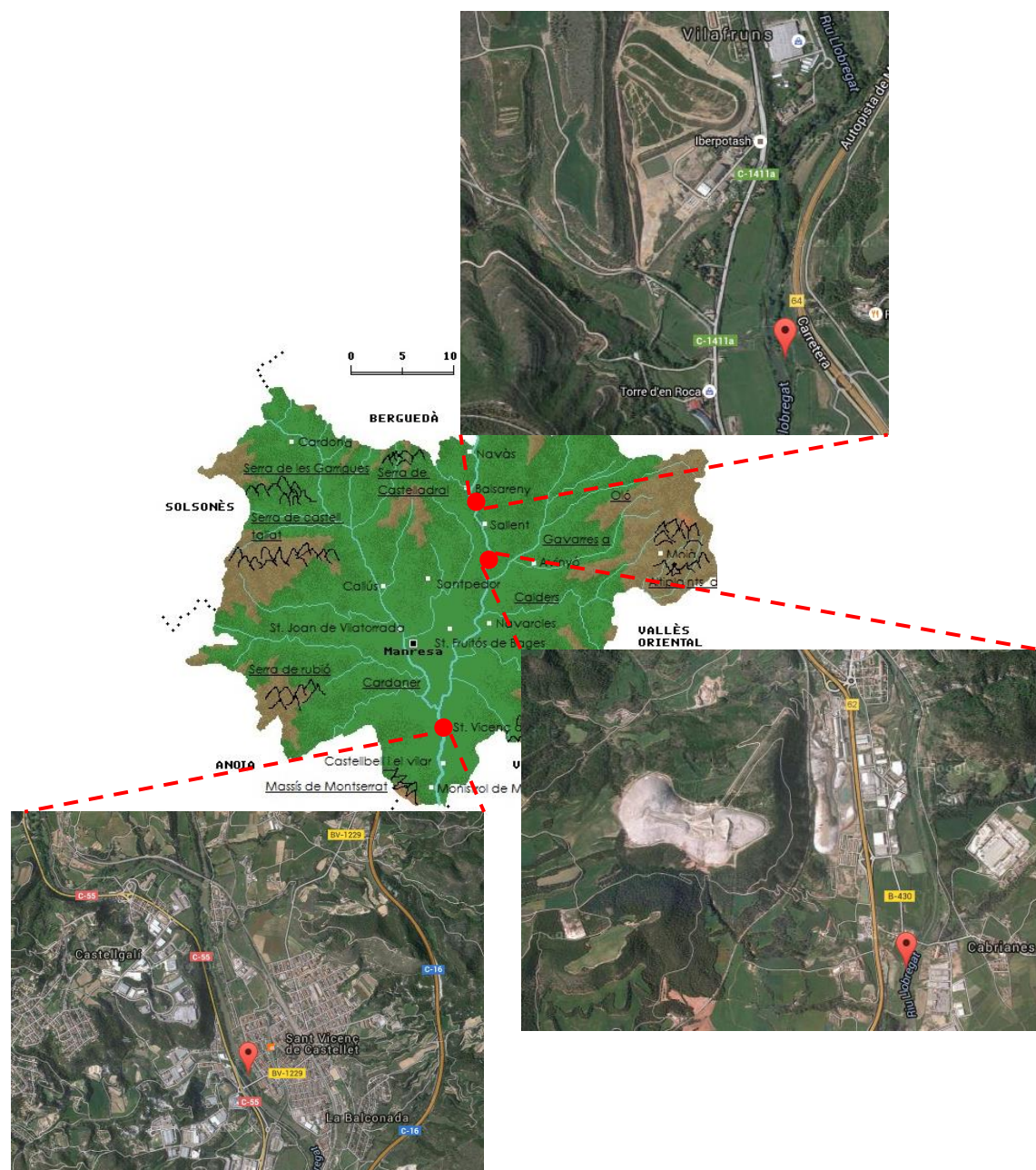


Figura 8.2 Punts de mostreig al Bages. Elaboració pròpia.

9. TÈCNIQUES ANALÍTIQUES

9.1. Paràmetres d'estudi

El terme “qualitat de l'aigua” és una expressió que s'empra de manera generalitzada i presenta un ventall de significats molt ampli. És un terme relatiu i pren importància quan està relacionat amb l'ús del recurs. El concepte de “qualitat” serveix per definir les característiques físiques, químiques, biològiques o radiològiques que s'usen com a patró per calibrar l'acceptabilitat de l'aigua en funció de l'aplicació que se li vol donar (activitats comercials, industrials, recreatives, consum, etc.). Sota aquestes consideracions, es diu que l'aigua està contaminada quan pateix canvis que afecten al seu ús real o potencial. L'usuari pot acceptar o no la qualitat de l'aigua crua (aigua sense tractar) i en el cas que aquesta no sigui satisfactòria, es poden dissenyar plantes de tractament que produeixin aigua de qualitat acceptable per dur a terme aquell fi.

En aquest estudi s'analitzen diferents indicadors fisicoquímics i els sòlids flotants de la superfície del riu. Destacar que els valors d'aquests paràmetres són imprescindibles per conèixer l'estat ecològic del riu i donen una idea de l'estat d'aquest sistema de forma instantània. Cal tenir present però, que alguns d'aquests valors poden canviar ràpidament quan l'aigua és arrossegada riu avall. Es diferencien dos tipus de mesures:

In situ: Es mesuren paràmetres com la temperatura de l'aigua i la concentració d'oxigen dissolt, fàcilment mesurables amb els aparells corresponents. Aquest tipus de mesura assegura que els valors no es modifiquen a causa de les variacions en les condicions ambientals originades durant el transport al laboratori.

Laboratori: Els paràmetres que s'hi analitzen són el pH, la conductivitat, els clorurs, la duresa, l'alcalinitat, els sulfats, els fosfats, els nitrats, el carboni orgànic total (TOC), nitrogen, i sòlids flotants, ja que varien poc en el transport i necessiten processos més específics d'anàlisi.

A continuació també es mostra la **Figura 9.1** la qual indica els valors de concentració màxima que permet la potabilització de l'aigua dels diferents paràmetres segons la Directiva 75/440/CEE. Aquestes concentracions són les que s'estableixen com a nivell llindar de qualitat en aquest projecte.

Indicador	Valor màxim	Indicador	Valor màxim
Temperatura (°C)	22	Duresa (mg/L Ca ⁺ Mg ⁺)	500
Oxigen dissolt (% saturació)	>30	Alcalinitat (mg/L CaCO ₃)	200
Oxigen dissolt (mg/L)*	5	Sulfats (mg/L SO ₄ ²⁻)	250
pH	5,5 - 9	Fosfats (mg/L P ₂ O ₅)	0,7
Conductivitat (µS/cm a 20 °C)	1000	Nitrats (mg/L NO ₃ ⁻)	50
Clorurs (mg/L Cl ⁻)	250	Carboni orgànic total	5

Figura 9.1 Taula de valors màxims permessos dels diferents paràmetres per a la potabilització de l'aigua. Elaboració pròpia. *Valor màxim permès per tal de garantir un bon desenvolupament de la flora i la fauna del riu.

9.2. Equip de recollida de mostres i observació del riu

Per tal de recollir les mostres del riu es defineix un material necessari i s'especifiquen unes pautes que es segueixen de la mateixa manera per a cada tram. L'objectiu és aconseguir 3 litres d'aigua del punt seleccionat i recollir sòlids flotants que puguin estar presents a la superfície del riu.

Pel que fa el material, s'utilitzen els següents elements per a cada tram:

- **Dues ampolles d'aigua mineral d'1,5 L:** Aquestes ampolles contenen aigua envasada i precintada. S'obren al mateix punt de mostreig per tal de no contaminar l'envàs.
- **Salabret amb xarxa de 200 µm de llum:** Útil per recollir elements flotants de petites dimensions de la superfície del riu.
- **Dos pots de 5 mL de capacitat:** Serveixen per posar les mostres recollides amb el salabret.
- **Botes:** Necessàries per entrar dintre el riu i poder agafar les mostres en condicions.
- **Termòmetre i oxímetre:** Equips per prendre dades *in situ*.

Primer de tot es mesura la temperatura ambient i la de l'aigua mitjançant el termòmetre i s'anota el seu valor a les fitxa específica de cada tram (veure Annex A). Tot seguit s'entra

dintre el riu i es mesura la concentració d'oxigen dissolt amb l'oxímetre i també s'anota a la fitxa. A continuació s'espera uns minuts per tal que la terra remoguda corri riu avall i no interfereixi en la recollida de mostres. Un cop l'aigua torna a estar neta, s'agafa el salabret i s'introdueix parcialment al riu amb l'objectiu de recollir sòlids flotants a la superfície. Es manté el salabret en la mateixa posició durant 3 minuts i tot seguit s'emmagatzema la mostra obtinguda, amb una mica d'aigua, a dintre els pots de 5 mL. Es repeteix la mateixa operació un segon cop. Finalitzada aquesta recollida, es torna a esperar que l'aigua torni a l'estat inicial i s'omplen les dues ampolles de 1,5 L submergint-les dintre el riu.

Finalment es realitza una ràpida inspecció visual per detectar anomalies o trets distintius de cada tram i s'anota a l'apartat d'observacions de la fitxa ja esmentada. Per últim, es traslladen les mostres al laboratori i s'analitzen els paràmetres restants. Els seus valors es poden trobar a la fitxa del tram de riu corresponent de l'Annex A.

Destacar que la recollida de mostres per aquest projecte es realitza un sol cop per cada tram. Es recullen les mostres dels 3 primers trams el dia 10/4/2016 i el dia 25/4/2016 es recullen les 3 mostres del darrer tram. Ambdues se'ls aplica el mateix tractament de conservació el qual consisteix en mantenir-les a la nevera a uns 4 °C.

9.3. Anàlisi de les aigües

A continuació es tracten en detall les principals característiques fisicoquímiques que defineixen la qualitat de l'aigua, l'origen dels constituents, la importància en la salut i en l'ecosistema així com les tècniques analítiques seguides i la metodologia de treball emprada per tal de determinar les concentracions dels diferents indicadors.

9.3.1. Temperatura

a) Fonament:

La temperatura és una de les qualitats físiques més familiars en la nostra experiència diària. Aquesta qualitat es defineix per relacionar les variacions volumètriques d'un cos amb les variacions de temperatura. L'escala fonamental és l'escala absoluta o de graus Kelvin. El grau Kelvin (K) es defineix com la fracció $1/273,15$ de la temperatura absoluta del punt triple (sòlid, líquid i gas en equilibri). Normalment però s'utilitza l'escala Celsius de temperatura empírica. Aquesta escala està basada en dos punts fixos, la unitat del qual es defineix com

1/100 de la diferència entre la temperatura del punt d'ebullició (100 °C) i el punt de solidificació (0 °C) de l'aigua. La relació entre la temperatura en graus K i en graus °C ve donada per la següent fórmula: $K = ^\circ C + 273,15$.

La temperatura és un factor bàsic de la vida a l'aigua. Tot i que moltes espècies s'han adaptat a temperatures extremes, la majoria viuen i es reproduïxen entre 10 i 25 °C. A major temperatura, major activitat de microorganismes aeròbics la qual cosa comporta una disminució de la quantitat d'oxigen dissolt. Un augment de la temperatura origina mal gust i olor de l'aigua i influeix en els processos de tractament. També afecta la sensibilitat dels organismes als contaminants que pot portar l'aigua. Així doncs, menor temperatura major qualitat.

b) Material

- Termòmetre digital amb sonda d'acer inoxidable de 125 mm i diàmetre 0,35 mm. El rang de temperatures és de -50 a +200 °C, amb resolució de 0,1 °C i precisió de ± 1 °C.

c) Reactius

- No es necessita cap tipus de reactiu.

d) Procediment

- Mesura *in situ*. Submergir el termòmetre a l'aigua, esperar un temps determinat per què la temperatura s'estabilitzi i llegir el valor que apareix en el display.

9.3.2. Oxigen dissolt

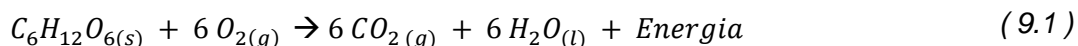
a) Fonament:

El nivell d'oxigen dissolt (OD) pot ser un indicador del nivell de qualitat de l'aigua i com de bé pot garantir la vida vegetal i animal d'un determinat sistema. Normalment, a un nivell més alt d'oxigen dissolt més qualitat presenta l'aigua. L'oxigen que es troba dissolt a l'aigua prové, generalment, de la dissolució d'oxigen atmosfèric. Sent un gas molt poc soluble en aigua, obeeix la llei de Henry, la qual expressa que la solubilitat d'un gas en un líquid és proporcional a la seva concentració o a la pressió parcial del gas en la dissolució.

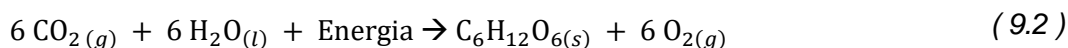
Quan l'aigua s'estanca i la turbulència minva, la temperatura augmenta o l'altitud disminueix, la concentració d'oxigen dissolt es redueix. Tot i això, una de les causes que fan disminuir més la concentració d'oxigen dissolt és la presència de matèria orgànica a l'aigua. De manera natural, als rius pot haver-hi present una certa quantitat d'aquesta matèria provinent

de la descomposició de la fullaraca, troncs, etc. o bé abocaments de purins o aigües fecals produïdes pels humans. Aquesta matèria orgànica és fàcilment oxidada pels microorganismes aerobis que mica en mica esgoten l'oxigen present a l'aigua podent arribar a originar la mort dels animals aquàtics per asfíxia.

Reacció de Respiració:



Reacció de Fotosíntesis:



Segons la Directiva europea 78/659/CEE, que defineix la qualitat de l'aigua apta per a peixos indica que valors d'oxigen inferiors a 5 mg/L suposen la desaparició de moltes espècies i es marca com a condició mínima referent a aquest paràmetre, un valor de més del 50 % de saturació, o bé de més de 7 mg/L d'oxigen dissolt. Com s'ha vist anteriorment, els límits per a la potabilització són més permissius sent d'un 30% el valor màxim d'oxigen en saturació.

L'oxigen dissolt es pot determinar mitjançant diferents mètodes però el que s'empra en aquest anàlisi és el mètode electromètric el qual es basa en la taxa de difusió de l'oxigen molecular a través d'una membrana plàstica permeable a l'oxigen, que recobreix l'element sensible d'un elèctrode i actua a la vegada com a barrera de difusió contra moltes impureses que interfereixen en els altres mètodes de determinació. Sota condicions regulars, el corrent de difusió és lineal i directament proporcional a la concentració d'oxigen dissolt.

b) Material

- Oxímetre HANNA HI 9147

c) Reactius

- No es necessita cap tipus de reactiu.

d) Procediment

- Mesura *in situ*. Primer de tot és necessari calibrar l'aparell seguint exactament el procediment de calibrat establert pel fabricant per tal de garantir precisió i exactitud per mitjà de lectures contra l'aire. Seguidament introduir la sonda dintre l'aigua i procurar mantenir-la a la mateixa profunditat, uns 25 cm sota la superfície.

9.3.3. Potencial d'hidrogen (pH)

a) Fonament

El pH és un terme usat per indicar la intensitat de les condicions àcides o bàsiques d'una solució, en aquest cas l'aigua. És la forma d'expressar la concentració del ió hidrogen. Té una escala de 0 a 14 en la qual el nombre 7 determina el pH neutre. Valors inferiors a 7 indiquen acidesa i els superiors indiquen basicitat.

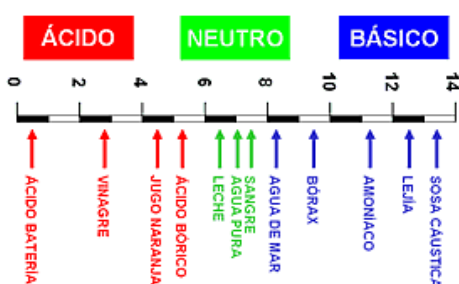


Figura 9.2 Escala de pH.

Un pH massa baix (per sota de 6) o massa alt (per damunt de 9) fa difícil la vida dels organismes aquàtics. El valor del pH pot ser clar perquè un contaminant tingui un efecte més o menys important sobre els organismes presents. Per exemple, un pH baix afavoreix la presència de metalls pesants en solució mentre que un pH alt la majoria dels metalls pesants tendeixen a precipitar. Cal tenir present que

el pH també influencia en el processos de tractament, tant d'aigua potable com residual ja que en la potabilització intervé en la coagulació i floculació, la desinfecció i el control de corrosió. En aigües naturals el pH es troba entre 6,5 i 9.

La determinació del pH s'ha realitzat mitjançant un pH-metre el qual fa la mesura pel mètode potenciomètric. Aquest es basa en el fet de que entre dues solucions amb diferent concentració de H^+ s'estableix una diferència de potencial. Aquesta diferència determina que quan les dues dissolucions es posen en contacte es produeix un flux de H^+ , un corrent elèctric. En aquest cas però, la mesura és relativa ja que no es determina directament la concentració de H^+ , sinó que es compara el pH d'un patró de calibratge de pH conegut amb el pH de la mostra.

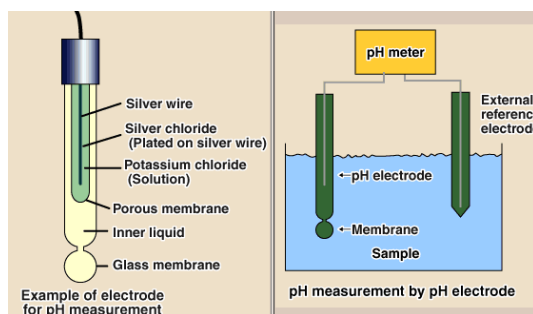


Figura 9.3 Funcionament elèctrode.

Per fer-ho s'utilitza un elèctrode de pH el qual quan entra en contacte amb la dissolució s'estableix un potencial a través de la membrana de vidre que el recobreix i que varia segons el pH. Aquesta diferència de potencial (E) és proporcional a la concentració de H^+ i ve definida per l'equació de Nernst:

$$E_{mitjà} = E_{Referència} + \frac{2,3 R \cdot T}{N \cdot F} \quad (9.3)$$

On $E_{mitjà}$ és el potencial detectat a través de la membrana de vidre, $E_{Referència}$ és el potencial de l'elèctrode de referència i $(2,3 \cdot R \cdot T / N \cdot F)$ és el factor de Nernst, que depèn de la constant dels gasos (R), la constant de Faraday (F), la càrrega del ió (N) i la temperatura en Kelvin (T). És important que els patrons de calibratge i les mostres estiguin a la mateixa temperatura.

b) Material

- pH-metre CRISON GLP 21 amb sonda de pH CRISON 5014T.

c) Reactius

- Patrons de calibratge de pH = 4 i pH = 9.

d) Procediment

- Abans de realitzar mesures cal calibrar el pH-metre mitjançant els patrons tal i com ho indica el fabricant de l'aparell.
- Un cop verificat que l'elèctrode ha estat calibrat correctament, agafar uns 15 mL de mostra i introduir la sonda a dintre. Important escollir un recipient adequat on la sonda quedi adequadament submergida.
- Remoure el recipient lleugerament per tal d'obtenir mesures repetitives. Mai es farà girar la sonda a mode de cullera per remoure la solució.
- Esperar un temps determinat perquè s'estabilitzi el pH i llegir el valor del display. Al canviar de solució és convenient netejar l'elèctrode amb aigua destil·lada i assecar-lo lleugerament.

9.3.4. Conductivitat

a) Fonament

La conductivitat és una mesura de la resistència que oposa l'aigua al pas del corrent elèctric i està relacionada amb les substàncies de caràcter iònic (sals) presents en ella. Per estandarditzar la mesura, es referencia a una temperatura de 20 °C i la unitat d'expressió emprada és el microSiemens per centímetre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Als rius on l'alteració humana és nul·la, la conductivitat està relacionada amb la geologia del terreny per on transcorre el riu i els seus afluents ja que la solubilitat depèn dels materials que el formen. Els ions majoritaris a l'aigua dels rius són els clorurs, hidrogencarbonats, sulfats, calci, magnesi, sodi i potassi però també n'hi ha de minoritaris, els quals es presenten en menys d'un 1% del total de ions. La magnitud de la conductivitat depèn, doncs, de la concentració i el grau de dissociació d'aquests ions, tot i que també hi influeix la temperatura.

D'altra banda, el valor de la conductivitat també es veu afectat per l'activitat humana, usos del sòl i la presència d'abocaments d'aigües residuals que aporten clorurs i altres sals al riu. Cal destacar que a zones amb extraccions mineres de sal o amb l'ús industrial de productes descalcificadors, la conductivitat incrementa significativament si no hi ha un bon tractament de les aigües residuals.

Les aigües agrícoles o de consum humà no poden presentar una conductivitat excessivament elevada. Es consideren els 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com el límit a partir del qual les aigües són difícils de potabilitzar. Pels organismes adaptats a viure en aigües dolces, les sals no haurien de superar l'1‰, conductivitats elevades representen un risc de toxicitat pels problemes de regulació osmòtica que comporta.

Les mesures es realitzen amb un conductímetre el qual mesura la resistència elèctrica que exerceix un volum d'una dissolució tancat entre els dos elèctrodes.

b) Material

- Conductímetre CRISON 522.

c) Reactius

- Solució de conductivitat de referència.

d) Procediment

- Abans de realitzar mesures és important calibrar correctament l'aparell amb una dissolució de KCl i trobar-ne la seva constant, en aquest cas és 1,015.
- Es deixa escalfar la mostra d'aigua fins que assoleix la temperatura de 20 °C.
- Introduir els elèctrodes dintre la solució i esperar uns instants fins que s'estabilitzi la mesura del display digital.

9.3.5. Duresa total

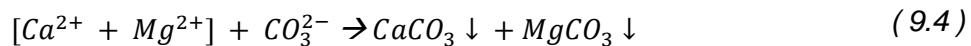
a) Fonament

La duresa de l'aigua és una mesura de la concentració de ions Ca^{2+} i Mg^{2+} i s'expressa en forma de concentració de CaCO_3 . Les aigües amb una alta concentració d'aquests elements es consideren dures mentre que les que en tenen un baix contingut es consideren toves. La seva característica depèn de la geologia del terreny d'on procedeixen. Les aigües dures transcorren per zones calcàries o de tipus guixenc.

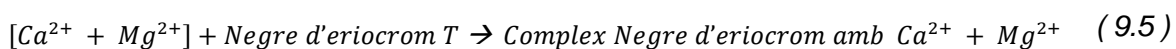
Una aigua molt dura, amb una concentració de més de 550 mg CaCO_3/L pot comportar riscos per a la salut com l'augment de càlculs renals (pedres al ronyó), incrustacions calcàries a les canonades de conducció, major despesa en processos industrials, més consum de sabó, entre altres.

L'anàlisi que s'utilitza s'anomena volumetria la qual utilitza una sèrie de reactius que, mitjançant les reaccions químiques (9.5) i (9.6), permeten calcular la concentració de CaCO_3 . Aquesta tècnica utilitza un indicador que permet veure el punt final de la reacció amb un canvi de color.

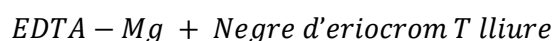
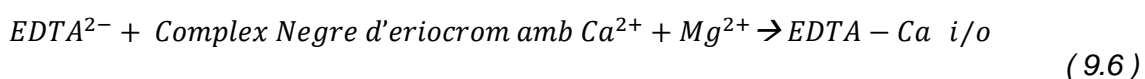
Antigament la reacció que es duia a terme era la següent:



Actualment però, es realitza la valoració de tipus complexomètric amb el reactiu EDTA donant la reacció química combinada:



La solució resultant presenta un color violeta. Seguidament s'inicia la valoració donant-se la reacció:



En el moment que es posa una gota en excés d'EDTA, el negre d'eriocrom T queda lliure de Ca i/o Mg i canvia el color violeta inicial per un blau fosc. Això indica que el Ca^{2+} el Mg^{2+} han format un complex estable amb l'EDTA, alliberant el negre d'eriocrom, que proporciona el canvi de color.

b) Material

- Mostres d'aigua
- Matràs erlenmeyer
- Pipeta
- Vas de precipitats
- Proveta
- Bureta
- Suport
- Espàtula.

c) Reactius

- Solució amortidora pH = 10.
- Solució d'EDTA 0,01 mol/L.
- Indicador Negre Eriocrom T (Erio T).

d) Procediment

- Preparar els reactius segons indiquen els manuals d'anàlisi. [CHIRUCHI, et al., 1996], [PADILLA, 2010].
- Filtrar l'aigua. En aquest estudi les mostres d'aigua són prou clares i per aquest motiu s'obvia aquest pas.
- Preparar 50 mL de mostra en un matràs erlenmeyer.
- Afegir 2 mL de solució amortidora per ajustar el pH a 10 i tirar 2 gotes d'indicador Negre d'Eriocrom T. Apareix un color lilós.
- Posar la solució d'EDTA 0,01 mol/L en una bureta i enrasar-la.
- Deixar caure gota a gota la solució d'EDTA sobre la mostra d'aigua fins que hi hagi un viratge de color cap a blau. Cal moure el matràs contínuament i tancar la bureta a la primera gota que produeixi el canvi de color.

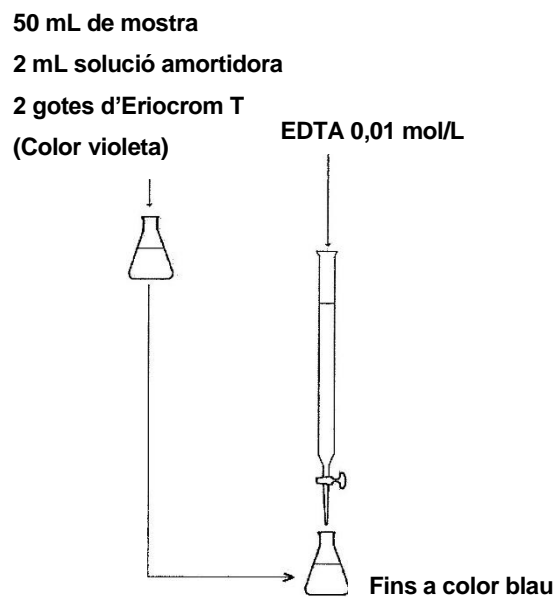


Figura 9.4 Procés de valoració. Elaboració pròpia

e) Càlculs

Per obtenir la concentració de la duresa total cal aplicar la següent fórmula:

$$\frac{mg \text{ CaCO}_3}{L} = \frac{V(EDTA) \cdot 0,02 \cdot 50,04 \cdot 1000}{V_{mostra}} \quad (9.7)$$

Sent $V(EDTA)$ el volum total gastat d'EDTA en mL i V_{mostra} el volum d'aigua de la mostra en mL.

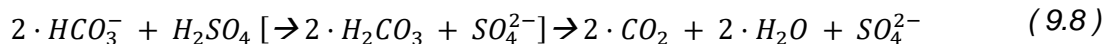
9.3.6. Alcalinitat total

a) Fonament

L'alcalinitat d'una aigua pot ser deguda a la presència de hidrogencarbonats i carbonats (cas de les aigües naturals) o a la possible presència d'hidròxids (cas de les aigües contaminades). L'alcalinitat total és la capacitat que té l'aigua de neutralitzar els àcids. En aigües naturals amb pH inferior a 8,3 l'alcalinitat total està composta gairebé exclusivament per hidrogencarbonats.

Es determina mitjançant una volumetria de neutralització amb H_2SO_4 ja que es defineix com la capacitat de l'aigua per neutralitzar àcids fins a un pH prefixat per un indicador. Es pot

distingir l'alcalinitat total quan es valora fins el viratge de l'indicador mixt (fins pH 4.5) i l'alcalinitat forta quan es neutralitza només fins al viratge de la fenolftaleïna. La reacció química de la valoració és la següent:



Inicialment la solució té un color entre blau i verd, s'afegeix àcid i en el moment que es posa una gota en excés d'aquest, l'indicador canvia a un color rosa clar.

Destacar que antigament l'alcalinitat es mesurava com el carbonat de calci que precipitava i per aquest motiu actualment encara s'usen aquestes unitats per expressar la concentració d'aquest paràmetre.

b) Material

- Mostres d'aigua
- Matràs erlenmeyer
- Bureta
- Suport
- Vas de precipitat
- Proveta
- Pipeta
- Matràs aforat

c) Reactius

- Indicador mixt (Ataronjat de metil i verd de bromocresol).
- Àcid sulfúric 0,0085 mol/L.
- Fenolftaleïna

d) Procediment

- Preparar els reactius segons indiquen els manuals d'anàlisi [CHIRUCHI, et al., 1996], [PADILLA, 2010].
- Posar 50 mL de mostra d'aigua en un matràs erlenmeyer i afegir 2 o 3 gotes de fenolftaleïna. Si s'aprecia un color rosa, titular amb àcid sulfúric 0,0085 mol/L fins que la solució torni a ser incolora. Anotar el volum gastat d'àcid com V_{fen} .
- Afegir 2 o 3 gotes d'indicador mixt i seguir titulant amb l'àcid sulfúric fins que la solució tingui un to rosa clar. Anotar el volum total gastat d'àcid com V_{tot} .

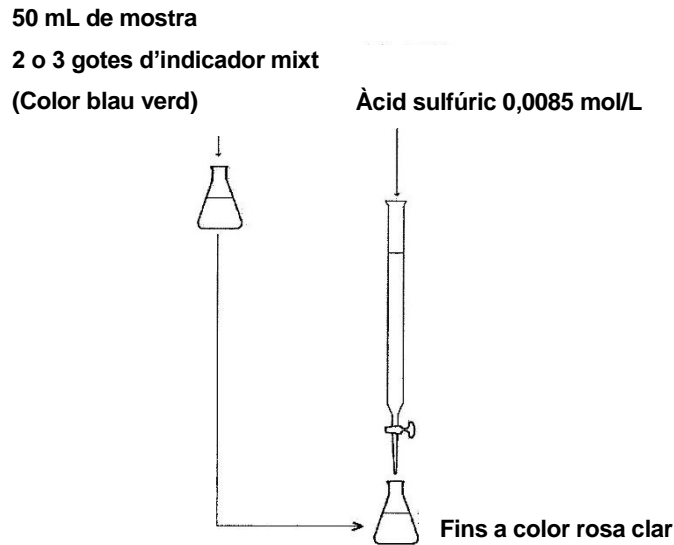


Figura 9.5 Procés de valoració. Elaboració pròpia.

e) Càlculs

Per obtenir la concentració de l'alcalinitat total cal aplicar la següent fórmula:

$$\frac{mg \text{ CaCO}_3}{L} = \frac{V_{Tot} \cdot 2 \cdot M(H_2SO_4) \cdot 1000 \cdot 50,04}{V_{mostra}} \quad (9.9)$$

Sent V_{Tot} el volum total gastat d'àcid sulfúric en mL, $M(H_2SO_4)$ la concentració de l'àcid sulfúric en mol/L i V_{mostra} el volum d'aigua de la mostra en mL.

Per trobar la concentració, $M(H_2SO_4)$, cal fer una estandardització de l'àcid sulfúric:

Es prepara una solució de Na_2CO_3 0,01 mol/L amb aigua destil·lada. S'agafen 10 mL i es valora l'àcid sulfúric. S'anota el volum gastat com $V_{Mitjà}$, en mL, i es realitza el següent càlcul, veure resultats a l'Annex B.4:

$$M(H_2SO_4) = \frac{10 \cdot 0,01}{V_{Mitjà}} \quad (9.10)$$

9.3.7. Clorurs

a) Fonament

Les aigües dolces són, generalment, pobres en clorurs presentant una concentració inferior

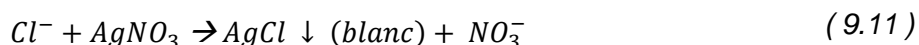
a 50 mg/L. Aquesta, però, depèn del clima i dels substrats geològics per on circula el riu. La presència de clorurs en l'aigua també pot ser deguda al rentat del sòl a causa de fortes pluges i finalment a activitats antròpiques, principalment d'aigües residuals o d'abocaments directes

Les concentracions de clorurs excessives augmenten la velocitat de corrosió dels metalls dels sistemes de distribució, tot i que també varia en funció de l'alcalinitat la qual pot fer que augmenti la concentració de metalls a l'aigua. A més, també poden provocar alteracions en els ecosistemes aquàtics.

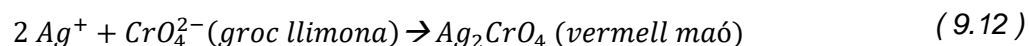
La normativa estableix com a valor orientatiu de qualitat 250 mg/L de Cl^- ja que no representen cap perill pel consum humà tret del gust desagradable de l'aigua.

Per determinar els clorurs s'utilitza el mètode de Mohr el qual consisteix en la precipitació dels clorurs de l'aigua amb una solució valorada d' AgNO_3 utilitzant K_2CrO_4 com a indicador. El ió Cl^- precipita amb el ió Ag^+ formant un compost insoluble de color blanc. Quan tot el producte ha precipitat es forma el cromat de plata de color vermell maó el qual senyala el final de la valoració. Reacció (9.11) i (9.12).

Els clorurs de l'aigua reaccionen amb el nitrat de plata segons la reacció:



Quan han precipitat tots els clorurs comença la precipitació del ió cromat amb Ag^+



b) Material

- Mostres d'aigua
- Matràs erlenmeyer
- Vas de precipitats
- Suport
- Bureta
- Proveta
- Matràs aforat
- Espàtula

c) Reactius

- Nitrat de plata (AgNO_3) 0,02 mol/L.
- Cromat potàssic K_2CrO_4 .

d) Procediment

- Preparar els reactius segons indiquen els manuals d'anàlisi [CHIRUCHI, et al., 1996], [PADILLA, 2010].
- Preparar 50 mL de mostra d'aigua en un matràs erlenmeyer.
- Afegir 3 gotes de cromat potàssic K_2CrO_4 que actuarà com a indicador.
- Muntar la bureta al suport i enrasar-la amb la solució de nitrat de plata AgNO_3 .
- Deixar caure gota a gota el nitrat de plata sobre la mostra fins que canviï de color (de groc llimona a vermell maó). Cal moure el matràs contínuament i tancar la bureta a la primera gota que produeixi el canvi de color.

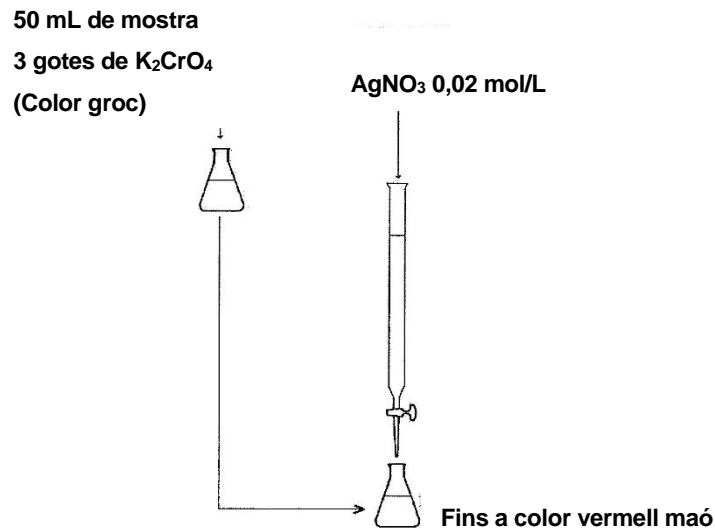


Figura 9.6 Procés de valoració. Elaboració pròpia.

e) Càlculs

Per obtenir la concentració de clorurs cal aplicar la següent fórmula:

$$\frac{\text{mg Cl}^-}{L} = \frac{V(\text{AgNO}_3) \cdot 0,02M \cdot 35,5 \cdot 1000}{V_{\text{mostra}}} \quad (9.13)$$

On $V(\text{AgNO}_3)$ és el volum de nitrat de plata, en mL gastat en la valoració i V_{mostra} és el volum d'aigua de la mostra també en mL.

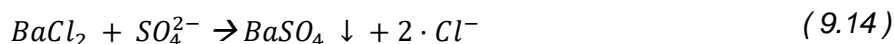
9.3.8. Sulfats

a) Fonament

Els sulfats es troben de manera natural en nombrosos minerals. A més s'utilitzen en la indústria química (fertilitzants, pesticides, colorants,...), com agents de sedimentació, per controlar les algues en les xarxes d'aigua i com additius alimentaris.

Els sulfats solen ser sals solubles en aigua i es poden presentar en un ampli interval de concentracions. L'origen principal és la dissolució de guixos existents en el terreny o a abocaments d'aigües contaminades. El contingut en sulfats no sol presentar un problema de potabilització de l'aigua de consum però en ocasions, continguts superiors a 300 mg/L poden afectar a les propietats organolèptiques de l'aigua, originar trastorns gastrointestinals en nens i tenir efectes laxants.

Els sulfats es poden determinar de diverses maneres però en aquest estudi s'analitzen mitjançant el mètode turbidimètric, basat en la precipitació de clorur de bari. La reacció és la següent:



El sulfat de bari que precipita ho fa en forma de pols molt fina la qual dóna terbolesa a la dissolució. La terbolesa resultant s'avalua amb un colorímetre o, millor un nefelòmetre, a una longitud d'ona de 420 nm i la concentració de sulfat es determina per comparació amb la lectura realitzada en una recta de calibrat realitzada prèviament amb unes dissolucions amb concentracions conegudes d'aquest paràmetre.

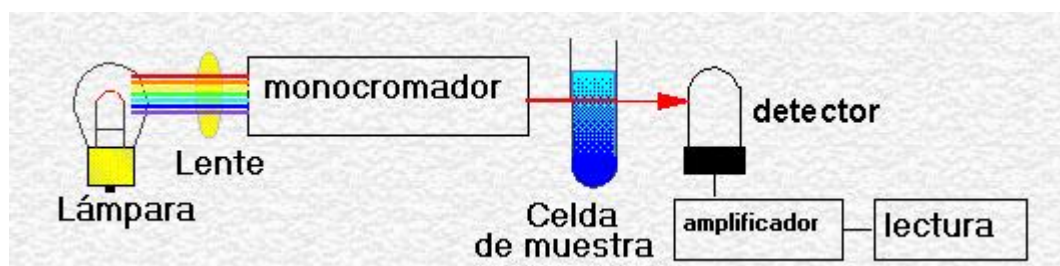


Figura 9.7 Funcionament colorímetre [BOLAÑOS, 2016]

b) Material

- Colorímetre ZUZI 4200A
- Cubetes

- Espàtula

c) Reactius

- Solució amortidora rang alt segons indiquen els manuals d'anàlisi [CHIRUCHI, et al., 1996], [PADILLA, 2010].
- Clorur de Bari
- Solució estàndard d'àcid sulfúric (1mL = 100 µg SO₄²⁻).

d) Procediment

- Preparar els reactius segons indiquen els manuals d'anàlisi [CHIRUCHI, et al., 1996], [PADILLA, 2010].
- Realitzar la recta de calibrat preparant solucions amb diferents concentracions conegudes de sulfats, se'n mesura l'absorbància i s'obté la recta per regressió. Veure Annex B.6 on s'explica el procediment seguit.
- Preparar 100 mL de mostra en un matràs erlenmeyer de 250 mL. Afegir 20 mL de solució amortidora.
- Afegir una punta d'espàtula de cristalls de BaCl₂ i agitar a velocitat constant durant un minut.
- Col·locar la solució a la cubeta i mesurar l'absorbància al cap de 5 minuts a una longitud d'ona de 420 nm.
- Comparar el valor de l'absorbància obtingut amb la recta de calibrat.

e) Càlculs

Per obtenir la concentració de sulfats de la mostra cal utilitzar la recta de calibrat que s'ha realitzat prèviament que representa l'absorbància en front la concentració. S'obté l'equació de la recta, se n'aïlla la concentració i es substitueix el valor de l'absorbància de la mostra d'anàlisi. L'equació obtinguda és la següent:

$$\frac{mg\ SO_4^{2-}}{L} = \frac{Abs + 0,0183}{0,0166} \quad (9.15)$$

On Abs és el valor de l'absorbància obtingut per cada una de les mostres.

9.3.9. Fosfats

a) Fonament

El fosfat és un nutrient imprescindible per a la producció primària, igual que els nitrats tot i que sovint es troba en quantitats menors. Tot i això, com qualsevol altra paràmetre, si s'excedeixen unes determinades concentracions és converteix en un risc de contaminació. Es troben de forma natural al sòl. La seva presència és deguda a la geologia de la conca travessada i a la descomposició de la matèria orgànica. També provenen d'activitats humanes principalment de detergents, adobs, pesticides purins, abocaments urbans o la indústria. La seva presència en l'aigua afavoreix el creixement d'algues en detriment dels animals que hi viuen, empobrint l'ecosistema.

El mètode per determinar fosfats es basa en la formació d'un heteropoliàcid amb el reactiu vanadat-molibdat i que es mesura la seva absorció a una longitud d'ona entre 400 i 420 nm. Per l'ortofosfat, la formació d'aquest complex té lloc segons la reacció:



El mètode d'anàlisi emprat és l'espectrofotometria molecular el qual es basa amb la capacitat de les molècules en absorbir energia lluminosa i emmagatzemar-la en forma d'energia interna.

L'aparell que mesura l'absorbància és un espectrofotòmetre el qual consta d'una font de llum caracteritzada per un espectre d'emissió continu en un interval ampli de longituds d'ona. També té un monocromador que actua com a filtre òptic transmetent un feix de llum de la longitud d'ona λ fixada i intensitat I_0 que penetra la cubeta d'anàlisi on s'hi diposita la mostra. Finalment un detector de la llum mesura la intensitat del feix a la sortida I_f . És com un colorímetre per radiacions electromagnètiques més tecnològiques. Veure **Figura 9.6**.

La intensitat del feix de llum es va atenuant a mesura que travessa la cubeta degut a l'absorció de les molècules. El ritme d'absorció depèn de la intensitat inicial i de la concentració de les molècules. Aquesta atenuació de la intensitat, dI està caracteritzada per la concentració de molècules $[B]$ i de la distància recorreguda dL i per la intensitat I :

$$dI = -k \cdot [B] \cdot I \cdot dL \quad (9.17)$$

Integrant l'equació anterior (9.17) s'obté la llei de **Lambert-Beer** per l'absorció de la llum en un medi, que relaciona la intensitat de sortida de la mostra I_f amb la intensitat inicial I_0 , la concentració de les molècules i la distància recorreguda pel feix de llum dins la mostra L:

$$\ln \frac{I_f}{I_0} = -k \cdot [B] \cdot L \quad (9.18)$$

$$I_f = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon \cdot [B] \cdot L} \quad \left(\varepsilon = \frac{k}{\ln 10} \right) \quad (9.19)$$

L'espectrofotòmetre, en comptes d'intensitat mesura absorbància A que es defineix per:

$$A \equiv \log_{10} \frac{I_0}{I_f} = \varepsilon \cdot [B] \cdot L \quad (9.20)$$

On la constant ε és l'absortivitat molar que general depèn de la longitud d'ona de la llum incident i que en general es troba experimentalment.

Com es pot observar doncs, l'absorbància és directament proporcional a la concentració de molècules de la mostra i ve definida per una recta.

b) Material

- Mostres d'aigua
- Espectrofotòmetre CECIL CE 2021 UV/VIS
- Proveta
- Vas de precipitats
- Matràs erlenmeyer
- Matràs aforat
- Espàtula

c) Reactius

- Àcid clorhídric 0,5 mols/L.
- Reactiu vanadat-molibdat.
- Solució patró de fosfat.

d) Procediment

- Preparar els reactius segons indiquen els manuals d'anàlisi [CHIRUCHI, et al., 1996], [PADILLA, 2010].
- Realitzar una recta de calibrat efectuant una regressió lineal sobre les dades d'absorbància respecte la concentració dels estàndards de la solució patró.
- Per mesurar l'absorbància de les mostres, preparar 35 mL d'aigua d'anàlisi en un matràs aforat de 50 mL. Afegir 10 mL de reactiu vanadat-molibdat i diluir fins a la marca amb aigua destil·lada. Passats 10 minuts o més mesurar l'absorbància de la mostra enfront un blanc d'aigua destil·lada a una longitud d'ona de 400 nm. (S'escull aquesta longitud perquè es coneix de dades històriques que la concentració de fosfats al riu és d'entre 1-5 mg/L o inferior).

e) Càlculs

Per obtenir la concentració de fosfats de la mostra cal utilitzar la recta de calibrat que s'ha realitzat prèviament que representa l'absorbància en front la concentració. Veure Annex B.7 on s'explica el procediment seguit. S'obté l'equació de la recta, se n'aïlla la concentració i es substitueix el valor de l'absorbància de la mostra d'anàlisi. L'equació obtinguda és la següent:

$$\frac{mg PO_4^{3-}}{L} = \frac{Abs - 0,0852}{0,065} \quad (9.21)$$

On *Abs* és el valor de l'absorbància obtingut per cada una de les mostres.

9.3.10. Nitrats**a) Fonament**

Els nitrats no tenen color ni sabor i es poden trobar a la naturalesa dissolts en aigua. La seva presència a l'aigua superficial o subterrània és conseqüència del cicle natural del nitrogen tot i que un excessiu ús d'adobs nitrogenats i el seu posterior arrossegament per aigües de pluja o reg poden originar un augment en la concentració de nitrats. Els residus industrials també poden constituir una font important de nitrats presents en l'aigua sent les indústries més contaminants escorxadors, destil·leries, indústries tèxtils i fertilitzants entre altres. Tot i això, les seves emissions solen estar controlades i puntuals. Més preocupant és la contaminació originada per l'agricultura i la ramaderia intensives.

Els efectes nocius dels nitrats en la salut humana no estan del tot clars però s'ha relacionat la falta d'oxigen a la sang i la incapacitat de transportar-la als teixits en nens petits.

El mètode d'anàlisi és el mateix que els fosfats vist a l'apartat **9.3.9**. Els nitrats interaccionen amb la radiació ultraviolada a una longitud d'ona de 220 nm. Es coneix que traces de matèria orgànica interfereixen en aquesta mesura, per això es corregeix amb l'absorbància a 275 nm. Segueixen la llei de **Lambert-Beer**, també ja vista i com més concentració de nitrats més absorbància es mesura.

b) Material

- Espectrofotòmetre amb làmpada UV, a longitud d'ona de 220 nm i 275 nm.
- Cubeta de quars
- Mostres d'aigua
- Matràs aforat
- Vas de precipitats
- Provetes
- Pipeta de 10 mL

c) Reactius

- Àcid clorhídric 1 mol/L.
- Aigua destil·lada.
- Solució patró de nitrat de potassi 100 mg NO₃⁻/ L.
- Solució intermèdia de nitrat de potassi 10 mg NO₃⁻/ L.

d) Procediment

- Preparar els reactius segons indiquen els manuals d'anàlisi [CHIRUCHI, et al., 1996], [PADILLA, 2010].
- Preparar les solucions estàndard de nitrat de potassi en un rang entre 0 i 7 mg /L a partir de la dissolució intermèdia de nitrat, es mesura l'absorbància dels estàndards a les longituds d'ona de 220 i 275 nm contra un blanc d'aigua destil·lada i s'obté la recta de calibrat.
- Mesurar l'absorbància de la mostra a 220 i 275 nm contra un blanc d'aigua.

e) Càlculs

L'absorbància corregida es calcula com:

$$Abs_{nitrats} = Abs_{220} - Abs_{275} \quad (9.22)$$

La concentració de nitrats s'obté de la corba de calibrat i el valor de l'absorbància corregit. Veure Annex B.8 on s'explica el procediment seguit. El resultat s'expressa com mg/L de nitrat. L'equació per obtenir la concentració és la següent:

$$\frac{mg NO_3^-}{L} = \frac{Abs nitrats - 0,0463}{0,0543} \quad (9.23)$$

9.3.11. Carboni orgànic total (TOC)

a) Fonament

El carboni orgànic total és un dels paràmetres d'estudi de la contaminació de l'aigua per compostos orgànics. La gran majoria dels sòlids en suspensió que es poden trobar surant sobre l'aigua del riu són d'origen orgànic, originaris del metabolisme, excreció i descomposició d'espècies animals i vegetals com d'activitats humanes. Com més TOC, més matèria orgànica i per tant menys qualitat. La quantitat d'aquest, depèn directament dels usos que s'ha fet de l'aigua.

La determinació del carboni orgànic total es realitza per combustió catalítica d'alta temperatura:



Les mostres s'oxiden a alta temperatura i es mesura el CO₂ generat per espectroscòpia IR, basada en l'absorció de la radiació infraroja de les molècules en vibració. Una molècula absorbeix energia d'un feix de llum infraroja quan aquesta energia incident és igual a la necessària per que es doni una transició vibracional de la molècula. També segueix la llei de **Lambert-Beer** comentada a l'apartat 9.3.9. Per calibrat amb una mostra d'aigua destil·lada es pot conèixer la relació entre l'absorbància i la concentració. Aquest mètode té l'avantatge que elimina la necessitat d'utilitzar reactius perillosos requerits pels anàlisis convencionals, es redueix el temps d'anàlisi i s'aconsegueix més precisió.

b) Material

- Analitzador de carboni orgànic total TOC-V_{CPH} SHIMADZU

c) Reactius

- Mostres d'aigua

- Blanc d'aigua destil·lada

d) Procediment

- Filtrar l'aigua amb membranes de 45 µm i omplir els vials que s'introduiran a l'analitzador.
- Col·locar els vials amb les mostres d'aigua i els blancs a l'analitzador.
- Esperar que s'acabi el procés de combustió i exportar les dades dels resultats obtinguts.

9.3.12. Nitrogen

a) Fonament

El nitrogen és essencial per tots els organismes. És part fonamental de molècules com proteïnes, àcids nucleics i és un nutrient indispensable en el creixement d'organismes vegetals. En condicions normals, els compostos nitrogenats de l'aigua provenen fonamentalment de la degradació de la matèria orgànica morta. Quan el medi s'ha alterat, les aportacions addicionals de nitrogen procedeixen majoritàriament d'abocaments urbans, fertilitzants i indústries.

Un excés de nutrients, nitrogen i fòsfor, com s'ha vist, provoca que les plantes i animals creixin. Quan moren es podreixen i aporten males olors i donen un aspecte repugnant a l'aigua disminuint-ne la seva qualitat. En aquest procés a més es consumeix una gran quantitat d'oxigen i les aigües deixen de ser aptes per la major part dels éssers vius.

La determinació del nitrogen es realitza per combustió catalítica:



S'utilitza el mateix aparell vist a l'apartat **9.3.11** tot i que la detecció del nitrogen es realitza per conductivitat tèrmica, el qual consisteix en analitzar els gasos resultants de cremar la mostra a altes temperatures en un atmosfera rica en oxigen.

b) Material

- Analitzador de nitrogen TOC-V_{CPH} SHIMADZU

c) Reactius

- Mostres d'aigua
- Blanc d'aigua destil·lada

d) Procediment

- Filtrar l'aigua amb membranes de 45 µm i omplir els vials que s'introduiran a l'analitzador.
- Col·locar els vials amb les mostres d'aigua i els blancs a l'analitzador.
- Esperar que s'acabi el procés de combustió i exportar les dades dels resultats obtinguts.

9.3.13. Sòlids flotants

a) Fonament

Els sòlids en suspensió és la mesura dels sòlids que poden sedimentar i els que no els quals són retinguts per un filtre. L'objectiu d'aquest anàlisi no és calcular la concentració de sòlids en suspensió sinó centrar-se en els sòlids flotants, especialment en els microplàstics, petites partícules de plàstic de fins a 5 mm de diàmetre. En els últims 40 anys les concentracions d'aquestes partícules semblen haver augmentat significativament en aigües superficials de l'oceà i per aquest motiu és pretén portar els anàlisis als rius.

Els microplàstics són usats com a productes de cuidat personal com ara pasta de dents, cremes facials i exfoliants, entre altres. En alguns casos, aquests microplàstics estan substituint elements naturals com llavors, pedra tosca o terra. Usualment no són filtrats durant el tractament de l'aigua residual i solen ser alliberats directament al mar o als rius. També es troben als teixits sintètics. Aigües residuals provinents del rentat de roba sintètica podent contenir més de 100 fibres per litre d'aigua. Cal considerar també l'origen industrial ja que durant el transport o la mala gestió de les operacions pot augmentar la concentració dels microplàstics al medi ambient. Els residus plàstics també són la font dels microplàstics ja que els plàstics de major mida es fragmenten. La velocitat a la que es produeix aquesta fragmentació depèn fortament del medi, especialment de la temperatura i la llum ultraviolada. [MARINE DEBRIS PROGRAM, 2016]

La presència d'aquests elements en l'aigua pot representar un greu perill tant per les persones com pels animals ja que podrien suposar una via de transport de substàncies químiques tòxiques a través de la cadena alimentària. Que es conegui, és la primera vegada que s'intenta estimar la seva presència al riu Llobregat.

El mètode d'anàlisi es realitza per observació amb microscòpia òptica i electrònica i és de caràcter qualitatiu realitzant la descripció del que s'observa en cada mostra. També es realitza una petita valoració de la quantitat tot i que és més imprecisa ja que hi pot haver zones de la mostra que no s'hagin observat.

La microscòpia òptica consisteix en fer passar un feix de llum visible d'una font a través de lents òptiques simples o múltiples per aconseguir una vista ampliada de la mostra. La imatge resultant pot ser directament detectada per l'ull humà o bé emmagatzemada digitalment.

La microscòpia electrònica ofereix la possibilitat d'observar estructures molt més petites que en un microscopi òptic gràcies a la baixa longitud d'ona dels electrons que s'utilitzen per il·luminar l'objecte d'estudi.

b) Material

- Microscopi òptic
- Microscopi electrònic, JEOL JSM 6400, del laboratori de microscòpia electrònica de la UPC
- Equip de filtrat al buit
- Filtres de 45 μm
- Plaques petri

c) Procediment

- Agafar mostres de la superfícies tal com s'indica a l'apartat **9.2**.
- Filtrar les mostres amb una membrana de filtre de 45 μm realitzant el buit. Cal anar amb molta cura per tal de no contaminar la membrana ni la mostra.
- Observar les mostres al microscopi.

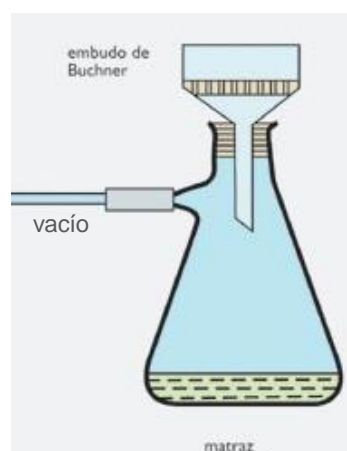


Figura 9.8 Equip de filtrat al buit.

10. RESULTATS

10.1. Presentació i discussió dels resultats. Causes i efectes

Aquest apartat pretén mostrar de forma clara i concisa els resultats obtinguts de cada paràmetre un cop realitzats tots els càlculs pertinents i es fa una interpretació d'aquests tenint en compte els factors o activitats que poden originar canvis en el valor dels indicadors. Inicialment s'aporta una taula resum i a continuació s'elabora un gràfic per cada paràmetre on es pot observar la concentració d'aquest en funció del tram on s'ha agafat la mostra. El que es pretén és que aquests gràfics serveixin d'ajuda per a la interpretació dels resultats i poder veure l'evolució dels indicadors al llarg del recorregut del riu.

Cal destacar que els anàlisis realitzats per valoració, al presentar un grau d'imprecisió més elevat s'han realitzat per triplicat. El mateix s'ha fet per la conductivitat i el pH ja que aquests eren fàcils de mesurar. Així doncs, els resultats que es poden trobar en aquest apartat són la mitjana dels tres valors obtinguts en l'experimentació. A l'Annex B es pot trobar dades addicionals que poden servir per explicar la metodologia seguida per la obtenció dels resultats mitjançant volumetria així com una petita valoració de la precisió d'aquests. La resta de paràmetres s'han mesurat una sola vegada.

Per poder realitzar una bon anàlisi dels resultats primer cal ubicar les activitats antròpiques més importants de la zona d'estudi les quals poden afectar significativament el medi ambient. Per aquest motiu s'elabora la **Figura 10.1** on es poden veure les fàbriques que compleixen les característiques esmentades i les depuradores de les poblacions més properes al riu.

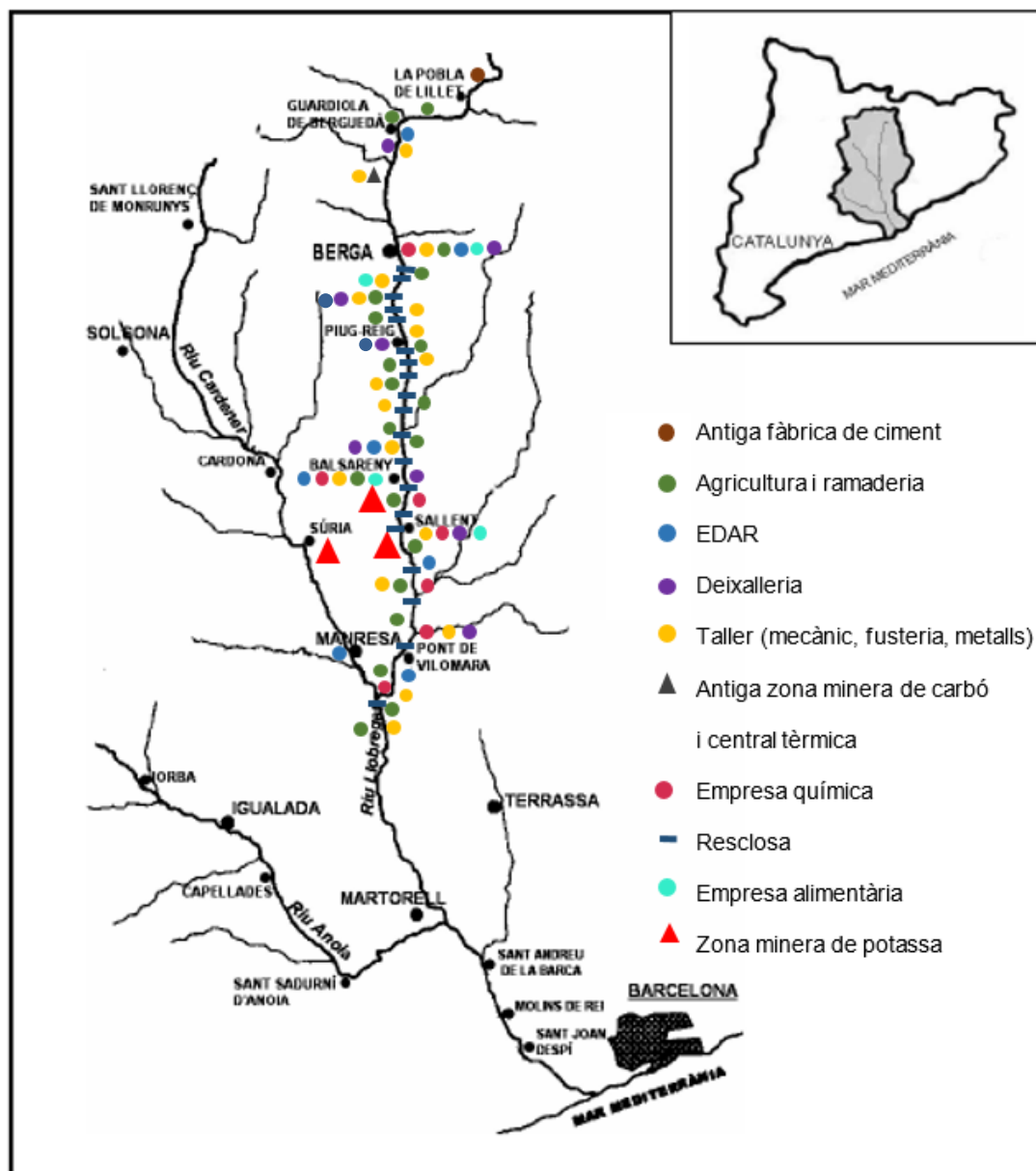


Figura 10.1 Ubicació de les diferents activitats antròpiques al llarg del recorregut del riu. Elaboració pròpia.

Com es pot observar, al costat del riu majoritàriament s'hi han instal·lat tallers de tota mena, principalment de reparacions mecàniques, fusteries, 2 serradores, tractament de metalls, entre d'altres, la majoria d'ells ubicats on antigament hi havia les colònies tèxtils. En aquestes zones també hi ha una forta presència de rescloses i cal tenir present l'augment de la indústria química als trams baixos del riu i la presència d'empreses alimentàries. Les activitat agrícoles i ramaderes s'evidencien al llarg de tot el curs del riu i es destaquen dues zones mineres, una de carbó la qual està abandonada i l'altre de potassa en funcionament.

A continuació es mostra la taula resum dels resultats obtinguts:

	Fonts del Llobregat	Pont de Pedret	Cal Ponç	Vilafruns	Polígon Berenguer	Sant Vicenç de Castellet
Temperatura (°C)	7,50	8,60	10,20	12,80	13,50	15,00
Oxigen dissolt (mg/L)	12,10	11,60	11,60	11,10	10,70	10,10
pH	7,65	7,68	7,67	7,64	7,99	7,51
Conductivitat (µS/cm)	299,20	513,83	557,00	576,12	1247,67	1146,17
Duresa (mg CaCO₃/L)	174,00	276,33	295,67	279,00	333,67	350,67
Alcalinitat (mg CaCO₃/L)	132,38	148,53	158,34	162,95	154,88	165,84
Clorurs (mg Cl⁻/L)	15,86	31,24	50,17	59,40	320,92	252,76
Sulfats (mg SO₄²⁻/L)	6,73	67,88	82,34	89,57	118,48	123,30
Fosfats (mg PO₄³⁻/L)	0,09	0,23	0,27	0,26	0,30	0,32
Nitrats (mg NO₃⁻/L)	3,04	1,41	3,54	4,05	3,48	4,78
TOC (mg/L)	1,46	2,50	2,42	3,37	3,52	4,26
Nitrogen (mg/L)	0,97	0,78	1,03	1,35	1,29	1,94

Figura 10.2 Taula resum dels resultats obtinguts després de l'anàlisi dels indicadors. Elaboració pròpia.

Temperatura

L'augment de la temperatura es fa evident a mesura que l'aigua recorre trams més baixos del riu. Aquest fet pot estar relacionat a la gran quantitat de rescloses i canals construïts al llarg del riu, on l'aigua queda estancada i afavoreix el seu escalfament gràcies a l'acció del sol. Es creu que l'escalfament no és, en cap cas, degut a activitats industrials ja que no s'ha detectat cap empresa que aboqui aigües calentes provinents dels seus processos. Comparant els valors amb dades històriques s'observa que els valors de temperatura són molt similars als dels darrers 4 anys. Els 7,5 °C de diferència entre el primer tram i l'últim pot ser deguda al salt temporal entre la recollida de mostres ja que a la primavera poques setmanes de diferència poden afavorir que el clima sigui més càlid. Anys enrere però, la temperatura era més baixa cosa que l'augment global es pot atribuir, en part, al canvi climàtic. Per valorar l'efecte sobre la fauna i la flora s'hauria de realitzar un estudi biològic. Finalment destacar que el valor màxim admissible per a la potabilització és de 22 °C, un valor allunyat dels obtinguts per tant no és un problema ni té efectes sobre la salut humana.

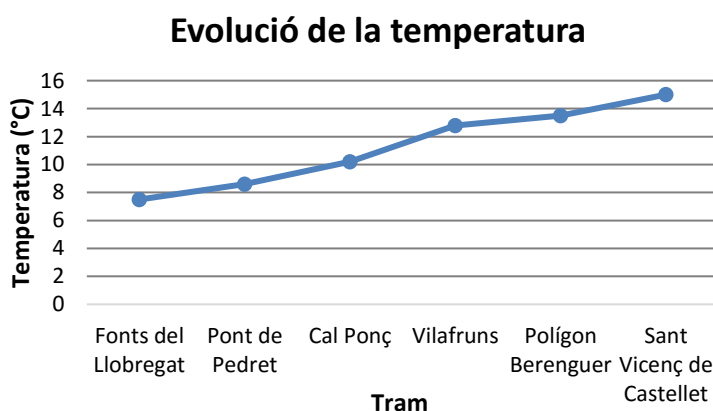


Figura 10.3 Resultats de la temperatura. Elaboració pròpia.

Oxigen dissolt

Com es pot comprovar a la **Figura 10.4** l'oxigen dissolt disminueix lleugerament mentre el riu avança quilòmetres. Com s'ha comentat i s'evidencia en el gràfic, a major turbulència i menor temperatura, la presència d'OD és més elevada. Als trams baixos la turbulència disminueix degut a la pròpia naturalesa del riu però també per les rescloses de retenció d'aigua. Indicar que els valors més baixos mesurats, uns 10 mg/L estan molt per sobre dels mínims indicats de 5 mg/L la qual cosa és un primer indicador de la poca presència de matèria orgànica al riu. Així doncs, els organismes vius no han de tenir problemes per falta d'oxigen i és una aigua de qualitat que es pot potabilitzar amb total normalitat.

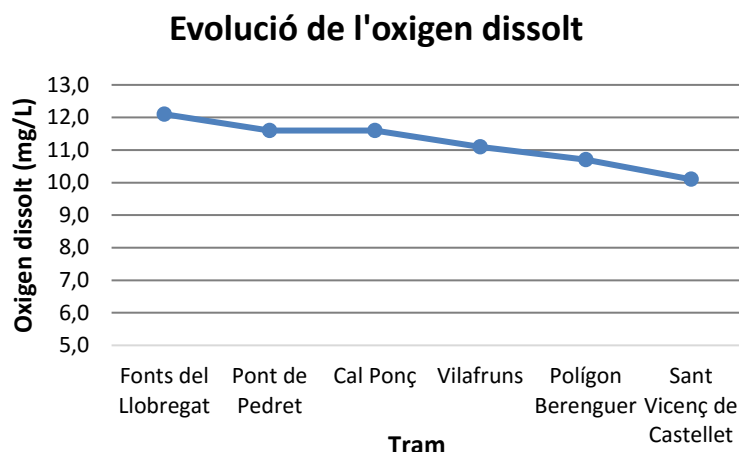


Figura 10.4 Resultats de l'oxigen dissolt. Elaboració pròpia.

Potencial d'hidrogen (pH)

El pH és un indicador que es manté molt estable, variant de 0,2 punts, en tot el riu tret del punt de mostreig número 5 on augmenta significativament. L'elevat valor pot ser degut a múltiples factors ja que el pH és sensible a petits canvis tot i que també cal contemplar la possibilitat de que es pugui tractar d'un error de mesura. Destacar però que el valor es troba dintre dels límits establerts entre 5,5 i 9 i es pot considerar que el riu està en bon estat.

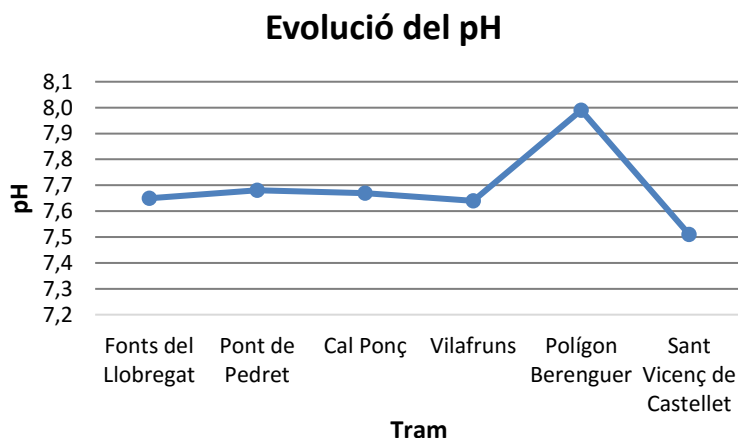


Figura 10.5 Resultats del pH. Elaboració pròpia.

Conductivitat

La conductivitat es manté dintre els nivells considerats naturals des del naixement del riu fins a Vilafruns on comencen les activitats mineres. Passada aquesta zona els nivells de conductivitat s'eleva fins el punt de traspasar lleugerament els límits legals. Es pot comprovar doncs, la gran relació que hi ha entre les mines de potassa i la conductivitat de

l'aigua. Riu avall, un cop hi ha hagut l'aiguabarreig amb el Cardener, la conductivitat disminueix, degut a la dissolució de la sals amb la quantitat major d'aigua aportada per l'afluent del Llobregat.

És important indicar que les mostres del tram de Vilafruns s'han recollit passat el runam salí restaurat situat en aquest punt per tal de determinar els efectes de la restauració. Com es pot comprovar a la **Figura 10.6** els valors de conductivitat es mantenen similars que aigües amunt per tant, la restauració del dipòsit té un efecte notablement positiu si es compara amb els trams riu avall on la mineria és activa. Finalment destacar que els resultats obtinguts indiquen que la conductivitat dels dos darrers trams estudiats és més elevada que els últims 10 anys i pot comportar efectes negatius en els ecosistemes i a la potabilització de l'aigua.

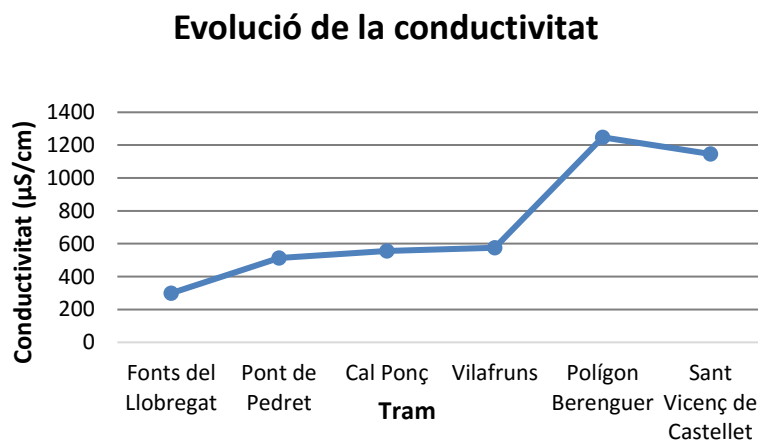


Figura 10.6 Resultats de la conductivitat. Elaboració pròpia.

Duresa total

L'evolució de la duresa es destaca pel significatiu augment entre les Fonts del Llobregat fins a l'altura del pont de Pedret, a Berga. A partir d'aquet punt l'augment no és tant pronunciat i la tendència sembla que sigui a estabilitzar-se. Aquest paràmetre principalment està relacionat amb la dissolució de les roques calcàries per on transcorre el riu bàsicament a la part alta. Comentar que presumiblement no hi ha activitats humanes que en modifiquin la concentració. Com es pot comprovar a la **Figura 10.7** els valors obtinguts estan compresos dintre el límit de 500 mg/L i no suposen cap perill ni pels animals ni pels humans.

Evolució de la duresa

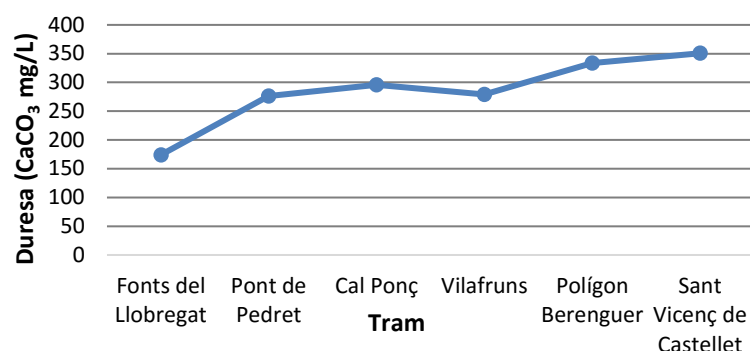


Figura 10.7 Resultats de la duresa. Elaboració pròpia.

Alcalinitat total

Aquest indicador no sobrepassa els valors límits establerts de 200 mg/L tot i que l'alcalinitat és elevada. Aquest fet és degut a la geologia de la zona ja que el riu transcorre per roques sedimentàries que contenen carbonats. D'aquesta manera es pot dir que s'afavoreix les interaccions amb els processos de fotosíntesi i respiració cel·lular ja que aquesta hi està fortament relacionada. Mentre que la presència elevada d'hidrogenocarbonats pot afavorir a la naturalesa, també pot perjudicar les activitats industrials o fins i tot quotidianes ja que origina incrustacions a les conduccions d'aigua i a altres aparells.

Destaca el lleuger descens a la zona del Polígon Berenguer el qual podria ser degut a imprecisió en la mesura d'aquest indicador ja que s'ha realitzat per volumetria. Es coneix que si augmenta el pH, la concentració d'alcalinitat també ho fa lleugerament i en aquest anàlisi aquest fet no s'aprecia.

Evolució de l'alcalinitat

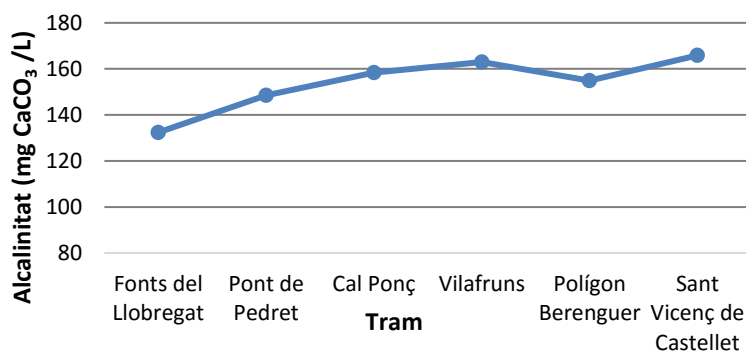


Figura 10.8 Resultats de l'alcalinitat. Elaboració pròpia.

Clorurs

Els clorurs, com s'ha vist, són un altre indicador de salinitat. El terreny de la conca estudiada, no és en general molt salí tot i passar per sobre d'un jaciment salí (així ho indiquen dades de clorurs i conductivitat de l'època inicial de la mineria, veure **Figura 5.6**). Per aquest motiu les quantitats elevades de sals, especialment clorurs, indiquen molt probablement alguna alteració provocada per la mà de l'home. Analitzant la **Figura 10.9** es pot veure que la concentració augmenta lleugerament al llarg del recorregut del riu fins a Vilafruns, posant de manifest que aquest augment és degut majoritàriament a la geologia del terreny i rarament a algun abocament d'aigües urbanes amb continguts de sals presents en els sabons i residus agrícoles i ramaders, també molt presents a la zona. A partir d'aquest punt la concentració augmenta dràsticament fins al punt d'assolir nivells que superen els límits establerts. La zona on es fa evident aquest augment és on hi ha ubicades les mines de potassa sent aquestes les principals portadores de sals al riu.

Com succeïa amb la conductivitat, un com s'han ajuntat el riu Cardener i el Llobregat els clorurs es poden dissoldre més fàcilment i la seva concentració disminueix lleugerament. Realitzant també la comparació amb els darrers 10 anys, els valors obtinguts en cada tram són molt similars a diferència dels del punt 5 que augmenten lleugerament.

Les conseqüències principals de la presència d'elevades concentracions de clorurs a les aigües dels rius és el desequilibri de l'ecosistema fent que algunes espècies vegetals i animals no es puguin adaptar a les noves condicions i morin. Els humans també en podem patir les conseqüències resultant una aigua més difícil o impossible de potabilitzar la qual presenta un gust desagradable quan s'ingereix.

Evolució dels clorurs

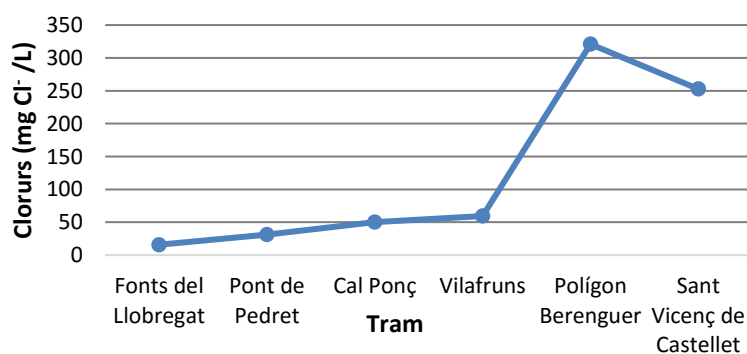


Figura 10.9 Resultats dels clorurs. Elaboració pròpia.

Sulfats

Els sulfats també són un indicador que augmenta amb el recorregut de l'aigua tot i que no es supera el límit de 250 mg/L. Concorda amb els anàlisis de duresa ja que en aigües mitjanes o dures les concentracions d'aquest element són relativament abundants. Es creu que l'augment de la concentració en els darrers trams, a part de la naturalesa del terreny, també es degut a l'increment de la indústria química de la zona tot i que no provoca efectes nocius pel medi. Els sulfats no originen problemes per a la potabilització de l'aigua i els valors obtinguts no interfereixen negativament en els ecosistemes.

Evolució dels sulfats

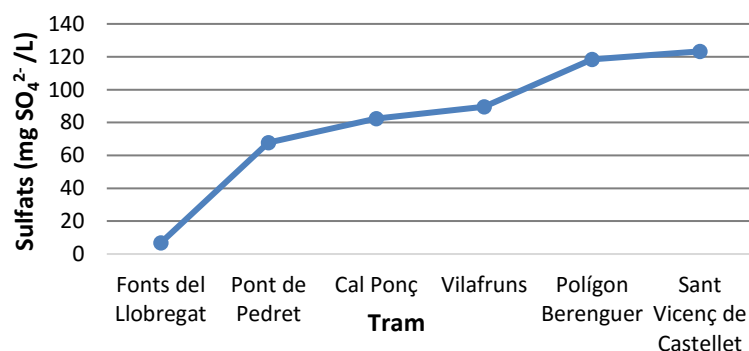


Figura 10.10 Resultats dels sulfats. Elaboració pròpia.

Fosfats

Aquest paràmetre presenta un notable increment a la primera part del riu, on aquest es nodreix d'elements orgànics procedents de la natura com de les activitats agrícoles i ramaderes. El tram de Pedret fins a Vilafruns es pot considerar que els valors són pràcticament constant ja que difereixen de 0,04 mg/L entre ells. A partir de Vilafruns el valor torna a incrementar possiblement degut a l'augment de les empreses químiques, algunes d'elles fabricants de sabons i productes cosmètics, a l'augment de l'agricultura i a les aigües residuals urbanes les quals poden contenir detergents i productes de neteja on els fosfats són presents. Malgrat tot, no es superen els límits establerts per la normativa vigent donant doncs com a resultat una aigua apte per activitats industrials i per ser potabilitzada i indica que la matèria orgànica present en l'aigua és pràcticament insignificant.

Comparant els valors amb anys anteriors resulten ser notablement inferiors. Aquest fet pot ser positiu ja que d'aquesta manera la proliferació d'algues és limitada i no consumeixen l'oxigen d'altres éssers vius. També cal destacar el bon funcionament de les depuradores

presentes en els trams les qual afavoreixen que aquest paràmetre, juntament amb les sulfats presentin valors més que acceptables.

Cal dir que els nivells de concentració de fosfats són molt petits i el mètode utilitzat pot presentar errors importants ja que en diferents casos l'absorbància mesurada no entrava dintre la recta de calibrat tot i que s'ha usat aquesta per obtenir el valor de la concentració i estalviar recursos i material en realitzar nous anàlisis veient que aquests eren de l'ordre esperat.

Evolució dels fosfats

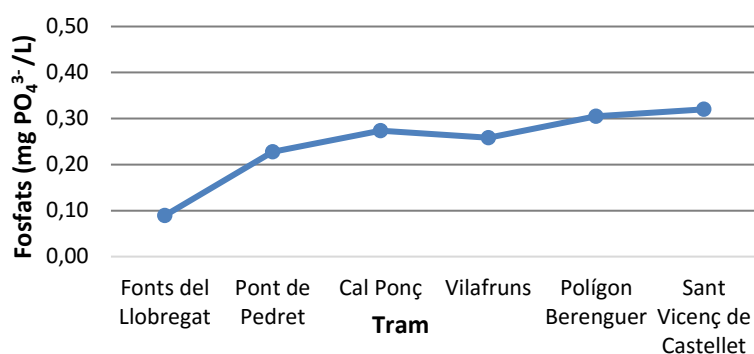


Figura 10.11 Resultats dels fosfats. Elaboració pròpia.

Nitrats

Analitzant els nitrats s'observa un clar descens al tram del pont de Pedret i al polígon Berenguer. Aquest fet no s'acaba de comprendre ja que aquestes zona presenten activitats agrícoles importants les quals farien augmentar lleugerament aquest paràmetre degut als fertilitzants i adobs. Comparant aquest resultat amb dades dels últims anys, aquesta situació ha succeït 3 cops en els darrers 20 anys i de manera no tant notable. La resta de trams presenten valors similars als obtinguts històricament. Aquest paràmetre varia lleugerament al llarg dels anys però no es situa fora dels valors màxim de 50 mg/L.

Evolució dels nitrats

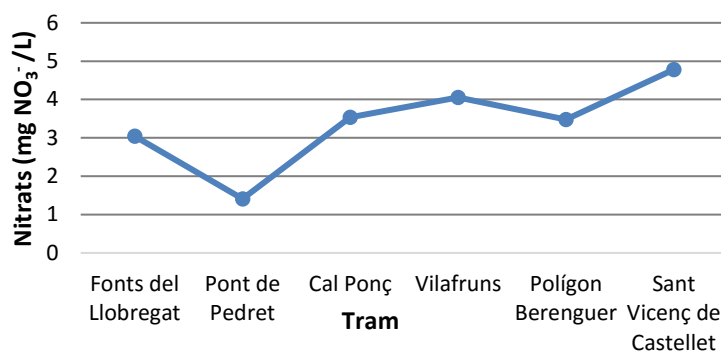


Figura 10.12 Resultats dels nitrats. Elaboració pròpia.

Carboni orgànic total (TOC)

Com la majoria de paràmetres estudiats, el carboni orgànic total augmenta al llarg del curs del riu. Generalment aquesta substància s'origina de forma natural en plantes i animals com a resultat del metabolisme, l'excreció i la descomposició però també pot provenir d'indústries que utilitzen compostos orgànics. Com s'ha vist aquest tipus d'indústries augmenten en el tram baix del riu fent evident l'augment de l'indicador.

El TOC i l'OD estan fortament relacionats ja que elevades concentracions de carboni orgànic total genera una disminució important de l'oxigen dissolt. No és el cas del riu Llobregat que com s'ha anat veient, la concentració de matèria orgànica és baixa i no altera indicadors com l'OD o els fosfats i no comporta cap inconvenient ni en el medi ambient ni en la utilització de l'aigua per l'ús d'activitats humanes.

Evolució del TOC

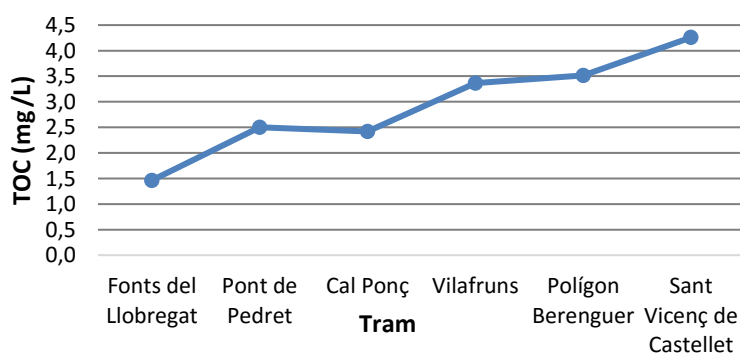


Figura 10.13 Resultats del carboni orgànic total. Elaboració pròpia.

Nitrogen

El comportament del nitrogen al llarg dels trams estudiats del riu és similar al dels nitrats, una part dels quals podrien ser d'origen orgànic. Aquest paràmetre disminueix en el segon i el cinquè punt estudiat. Com es pot observar no es troba en elevades concentracions així que el fenomen d'eutrofització és improbable que succeeixi al riu. Tot i això esta amb els nivells suficients perquè les espècies animals i vegetals tinguin prou nutrients per viure.

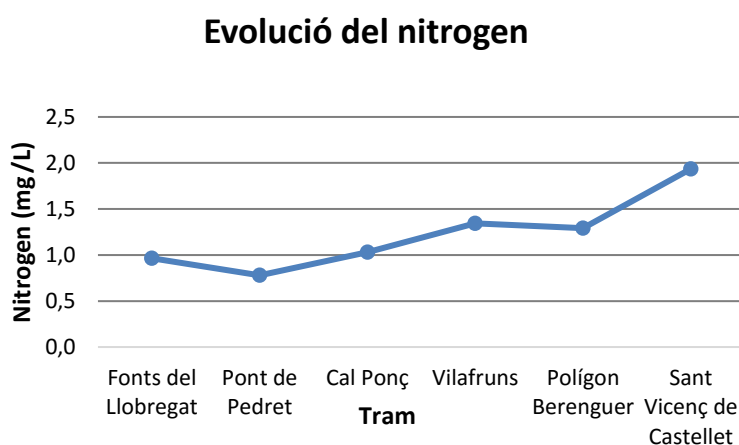


Figura 10.14 Resultats del nitrogen. Elaboració pròpia.

Sòlids flotants

Un cop finalitzat un exhaustiu anàlisi del sòlids flotants, mitjançant el microscopi, per determinar si el riu Llobregat presenta microplàstics a la seva superfície, els resultats es mostren a continuació. Destacar que les fotografies aportades en aquest apartat són les més rellevants, si es desitja veure altres imatges realitzades amb el microscopi veure Annex C.3.

Fonts del Llobregat: No s'ha detectat presència de microplàstics. Els principals elements detectats són minerals i roques, restes vegetals distingint clarament trossets de fusta i algues, petits animals amb closca. Destacar que algunes algues es presenten en forma de fils de color negre o blau fosc que han posat en dubte la seva procedència. Finalment però s'ha arribat a la conclusió que eren algues ja que es trobaven en tots els trams de riu estudiats com es veurà més endavant i la seva geometria irregular feia intuir que era d'origen natural.

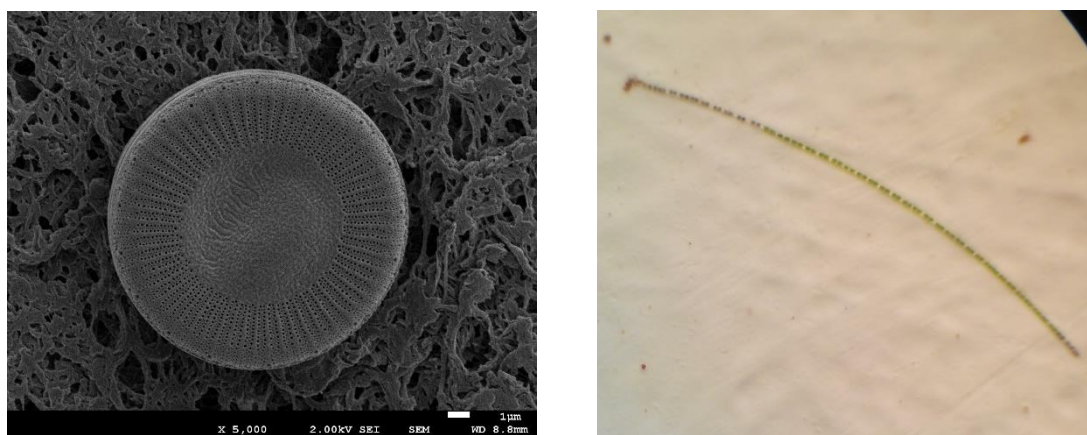


Figura 10.15 Restes orgàniques de la primera mostra.

Pont de Pedret: No s'ha detectat presència de microplàstics. S'han observat minerals i sorra, restes animals i els mateixos fils negres i blaus considerats algues. A més també s'ha detectat un tipus de fils blancs amb ratlles negres i uns altres de verds de clara procedència natural.

Cal Ponç: S'ha detectat la possible presència de microplàstics. Igual que els trams anteriors s'ha pogut observar restes vegetals i animals, entre ells larves de mosquit. També material sedimentari i uns fils blancs possiblement d'origen artificial. Aquests però, no s'han considerat com a microplàstics perquè pel color podrien ser procedents del material de la xarxa del salabret. Finalment destacar que s'ha pogut observar un material que no s'ha arribat a identificar però que no té aspecte natural ni per la forma ni pels acabats ni pel color. Es creu que pot ser un microplàstic. Aquest s'ha pogut observar a 50 augments, veure **Figura 10.16**.

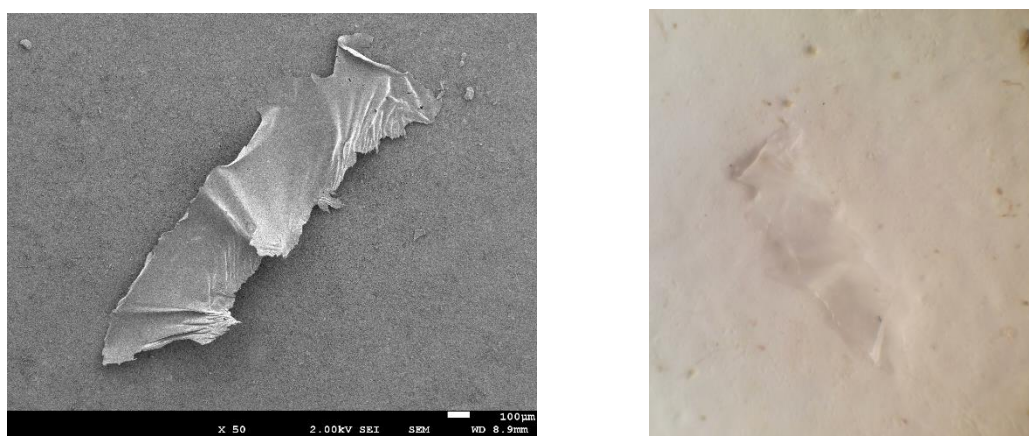


Figura 10.16 Possible resta de microplàstic en el punt de mostreig 3.

Vilafruns: No s'ha detectat presència de microplàstics. S'ha observat restes vegetals, especialment algues que formen filaments de color verd clar i blau, minerals i petites roques i restes d'animals. Les proporcions d'aquests elements són similars als altres punts.

Polígon Berenguer: S'ha detectat la possible presència de plàstics, concretament dues mostres les quals es poden veure a la **Figura 10.17**. La seva forma, color i els plecs que formen fan sospitar que són d'origen artificial i concretament plàstics. Aquests s'han observat a 40 augments la imatge en color i a 200 augments la que és en blanc i negre. D'altra banda també s'ha detectat, com en els altres trams restes orgàniques i geològiques.



Figura 10.17 Possibles microplàstic del punt de mostreig 5.

Sant Vicenç de Castellet: No s'ha detectat presència de microplàstics. S'han pogut apreciar, com en el cas de Cal Ponç, filaments de color blanc molt probablement provinents del salabret els quals no s'han tingut en compte. També s'ha observat un fil vermell rosat el qual no havia aparegut en la resta de trams però per la forma clarament és d'origen natural. Igual que la resta de trams s'ha detectat algues, roques i trossets de fulles o fusta.

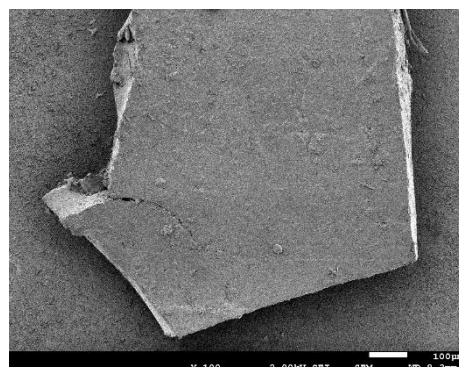


Figura 10.18 Tros de roca observat en el punt de mostreig 6.

Discussió dels resultats:

Un cop analitzats els resultats es procedeix a realitzar un petit resum mostrant-ne la discussió.

En general es pot afirmar que els paràmetres estudiats presenten uns valors dintre els límits màxims establerts per a la potabilització de l'aigua, la qual cosa indica que la seva aigua és de bona qualitat. Cal parar atenció però, en els nivells de conductivitat, uns 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i els de clorurs, uns 300 mg/L, en el pas del riu a l'altura de la conca minera del Bages. Ambdós indicadors sobrepassen lleugerament els límits legals i podrien originar problemes en el medi ambient i proporcionar propietats organolèptiques desagradables a l'aigua.

Especialment s'ha detectat un punt característic, el Polígon Berenguer, on els valors dels paràmetres es comporten lleugerament diferent a l'esperat. Alguns indicadors que s'esperava que augmentessin, disminueixen i viceversa, la qual cosa dóna informació de que hi ha una alteració del medi en aquest punt. També s'ha de contemplar la possibilitat de que s'hagin pogut cometre errors durant l'etapa d'experimentació però tot i això, s'ha de controlar el tram i implementar mesures per tal de reduir els nivells de concentració d'aquests indicadors dintre el que estableix el marc legal.

Com s'ha comentat, els valors de sulfats i duresa segueixen la tendència natural del riu, augmentant especialment la seva concentració entre la zona del naixement i fins a Berga degut al seu pas per terrenys calcaris i guixencs.

Els paràmetres de TOC, nitrats, nitrogen i fòsfats, reflecteixen el bon funcionament de les depuradores ubicades a la zona de confluència amb el riu i que les activitats agrícoles i ramaderes són respectuoses amb el medi ambient ja que no s'ha detectat presència elevada de nitrats o fòsfats procedents de fertilitzants i adobs.

Finalment destacar que l'anàlisi de microplàstics, tot i ser rudimentari, ha evidenciat la presència de petites traces d'aquest material al riu. A més, gràcies a les fotografies es pot apreciar que tenen orígens diferents ja que presenten colors, geometries i pel que sembla textures diverses. Cal doncs, realitzar un estudi més acurat per tal de tractar el problema.

11. PLANIFICACIO TEMPORAL

Una planificació adequada és necessària i de vital importància per tal de poder realitzar les tasques amb èxit. En el present projecte es poden diferenciar les activitats en dos grans blocs: el primer inclou la recerca i recopilació d'informació necessària per tal d'assolir els objectius establerts juntament amb la generació de documentació on es plasma tot el que s'ha dut a terme al llarg del projecte. Aquestes tasques es centren a l'inici i al final de l'estudi. El segon bloc agrupa totes les activitats relacionades amb la recollida de les mostres juntament amb el seu anàlisi i obtenció dels resultats. L'execució d'aquestes es centra entre les setmanes 9 i 16.

S'estima que la dedicació destinada a la realització de les diferents tasques és de 22 hores setmanals de mitjana, resultant un total de 396 hores de treball per aconseguir la finalització completa del projecte. Cal destacar que totes les tasques s'han efectuat amb el termini fixat.

Per tenir una visió més general i esquematitzada de la programació es realitza un diagrama de Gantt, el qual es dissenya considerant que el projecte té una durada de 18 setmanes. Moltes tasques es duen parcialment en paral·lel per tal de no endarrerir el projecte o bé perquè existeix un vincle important entre elles, per exemple quan es finalitza l'anàlisi d'una mostra, ja es realitzen els càlculs i s'obtenen els resultats pertinents per tal de verificar si és satisfactori. D'aquesta manera s'aconsegueix una optimització important del temps. També cal destacar que la setmana 8 no es realitza cap tasca perquè correspon amb el període d'exàmens parcials fixats per l'escola.

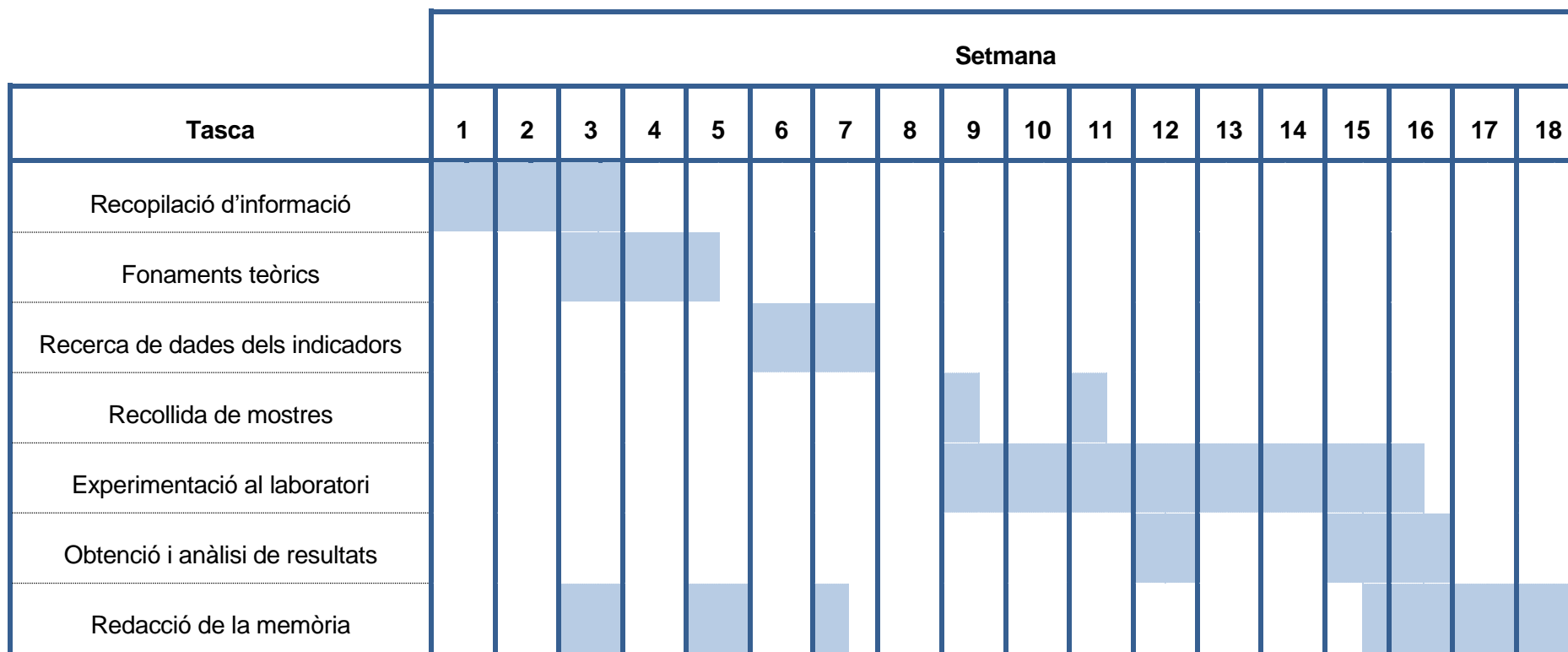


Figura 11.1 Diagrama de Gantt de la planificació temporal del projecte.

12. ESTUDI ECONÒMIC

En aquest apartat es calculen els costos associats al desenvolupament del projecte dividint-los en tres apartats, el primer referent als costos de recursos humans, el segon a costos de la part experimental de laboratori i per últim altres costos.

Costos de recursos humans

El càlcul dels costos degut a recursos humans es realitza tenint en compte les hores destinades a la recerca d'informació, la redacció de la memòria, el treball de laboratori i les tasques d'assessoria i direcció de projecte. Les tres primeres es consideren tasques d'enginyeria i es tradueixen en un cost de 15 €/h. Les dues darreres es considera que tenen un cost major, de 30 €/h ja que estan guiades per un professional experimentat. Així doncs, la taula resum dels costos és la següent:

Tasca	Quantitat (h) permès	Cost unitari (€/h)	Cost total (€)
Tasques d'enginyeria	396	15,00	5940,00
Tasques d'assessoria i direcció de projectes	40	30,00	1200,00
Cost total			7140,00

Figura 12.1 Costos de recursos humans.

Costos d'experimentació

Aquests costos es subdivideixen en diferents parts:

- Ús del laboratori: S'assigna un cost addicional corresponent al lloguer del laboratori que permet poder utilitzar tots els seus equipaments. Es considera un preu de 10 €/dia.
- Material de laboratori i reactius: Degut a la dificultat d'estimar el seu cost d'aquests elements es considera un cost fix per cadascun d'ells.
- Microscòpia electrònica: Es considera un preu fix per fotografia de 8 €/foto que multiplicat per les 30 fotografies obtingudes en resulta un cost de 250 €

- Equips de laboratori: Els equips del laboratori també presenten un cost associat. Cal destacar que l'adquisició d'aquests no s'ha realitzat expressament pel present estudi sinó que ja es disposava del material necessari. Per aquest motiu es calcula el preu aproximat de la part amortitzada segons la fórmula (12.1). La vida útil dels equips s'estima de 10 anys.

$$\text{Cost amortitzat} = \frac{\text{Cost inicial (€)}}{\text{Vida útil} \cdot \frac{365 \text{ dies}}{1 \text{ any}}} \cdot \text{Dies utilitzat} \quad (12.1)$$

Material	Cost unitari (€)	Dies d'ús (d)	Cost amortitzat(€)
Oxímetre	250,00	2	0,14
pH-metre	150,00	1	0,04
Conductímetre	500,00	1	0,14
Espectrofotòmetre	1500,00	2	0,82
Microscopi	250,00	2	0,14
Equip TOC	8000,00	1	2,19
Ús laboratori	10,00	32	320,00
Material de vidre de laboratori			50,00
18 reactius diferents			30,00
Ús i fotos del microscopi electrònic			250,00
Cost total			653,47

Figura 12.2 Costos d'experimentació.

Altres costos

Finalment es tenen en compte altres costos com material d'oficina, costos generals d'aigua, llum, electricitat i transport, entre d'altres.

Material	Cost (€)
Gasolina	25,00
Despeses generals	150,00
Material d'oficina	10,00
Cost total	185,00

Figura 12.3 Altres costos

Cost total

Tot seguit es mostra el cost total del projecte que, sumant els tres costos anteriors i afegint un 21 % d'IVA, resulta ser de **9653,95 €**.

Material	Cost (€)
Recursos humans	7140,00
Experimentació	653,47
Altres	185,00
IVA (21%)	1675,48
Cost total	9653,95

***Figura 12.4** Costos totals del projecte.*

13. ESTUDI AMBIENTAL

La temàtica del projecte està orientada a disminuir l'impacte ambiental negatiu que les activitats industrials ocasionen sobre la xarxa hidrogràfica del Llobregat. Tot i això, el mateix projecte també comporta un impacte mediambiental associat. Els punts més importants a contemplar fan referència a la construcció del material necessari per a la recollida de mostres i a la generació de residus durant la fase d'experimentació.

Pel que fa el primer punt, s'han utilitzat 6 ampolles d'aigua mineral d'1,5 L noves i 12 pots de 5 mL. La material d'aquests recipients és el plàstic el qual té per matèria primera el petroli la transformació del qual produeix una gran contaminació atmosfèrica. Tot i això, la quantitat usada és molt petita i comporta un impacte associat mínim. A més, les ampolles un cop usades tenen la possibilitat de ser reutilitzades o reciclades, doncs l'impacte d'aquestes sobre el medi ambient és pràcticament nul. Destacar que els 12 pots són cedit i ja reutilitzats per enèsima vegada i que al finalitzar el projecte són retornats per tal de que es puguin tornar a utilitzar.

Per la recollida de mostres ha sigut necessària la construcció d'un salabret, el qual s'ha realitzat artesanalment utilitzant els materials que es trobaven disponibles. Així doncs s'ha aprofitat material que no es feia servir per donar-li un segon ús. L'exemple n'és que el mànec és el d'una escombra, la tela de la xarxa és un retall d'una empresa tèxtil i l'anella la qual uneix la xarxa amb el mànec és un penjador de roba de filferro. D'aquesta manera, reutilitzant materials, s'aconsegueix reduir l'impacte ambiental i tenir un tracte més amigable amb el medi. També destacar que és més econòmic que comprar el salabret a una botiga especialitzada.

Tractant el segon punt, l'impacte associat a la fase d'experimentació, és principalment degut a l'abocament dels reactius i solucions. La majoria d'ells es poden tirar a l'aigüera ja que no porten elements nocius pel medi ambient. Aquestes aigües residuals van a parar a les Estacions de Tractament d'Aigües Residuals on són processades sense alterar la biodiversitat de l'ecosistema. Altres reactius, però, contenen metalls pesants com plata, molibdè, vanadat, etc. Aquests se'ls ha de tractar adequadament, ja sigui reduint-los o bé tirar-los al contenidor específic del laboratori perquè una empresa externa en faci el tractament corresponent, mai es tiraran a la pica ja que podrien tenir efectes negatius ja sigui en les instal·lacions de recollida d'aigua de l'edifici com en la flora i la fauna.

Tenint en compte que el projecte és la fase prèvia i necessària per poder implementar un sistema de tractament i sanejament d'aigua, també és comenta breument l'impacte ambiental que aquest podria tenir.

El més destacable és la quantitat de residus que es podrien tractar i que deixarien d'estar present a les aigües del riu. Aquest fet produiria un impacte positiu en el medi afavorint una recuperació natural de l'ecosistema. En contra però, les obres en la infraestructura, si fos necessària, podrien tenir un impacte negatiu ja que podria produir olors, soroll, entre altres i s'hauria de tenir en compte la localització i la ubicació d'aquesta. En la fase que es troba el projecte no se'n pot fer estudi exhaustiu però si que es té present que s'hauria de buscar un equilibri entre els factors ambientals, econòmics i socials per tal d'aconseguir un impacte favorable.

14. CONCLUSIONS

La realització d'aquest projecte ha tingut per objectiu estudiar i analitzar l'aigua del riu Llobregat els trams compresos entre Castellar de n'Hug, Berguedà i Sant Vicenç de Castellet, Bages i determinar-ne la qualitat a partir de diferents indicadors fisicoquímics. Un cop finalitzat l'estudi es poden extreure les següents conclusions:

L'anàlisi de la temperatura i l'oxigen dissolt són dos dels indicadors que han servit per evidenciar la influència sobre el riu que tenen les infraestructures humanes, com el pantà de la Baells i les diferents rescloses. Aquestes provoquen un impacte més elevat del que s'esperava tot i que no és perjudicial per la vida del riu ni per a la població.

El resultat de la duresa i l'alcalinitat, presentant valors normals per la naturalesa del riu i els sulfats, fosfats i nitrats, serveixen per arribar a la conclusió que les depuradores de la zona funcionen correctament i que no hi ha abocaments incontrolats en l'agricultura i la ramaderia. D'aquests fets se'n deriva que no hi ha aportacions directes d'aigües contaminades per aigües urbanes amb continguts de sabons, detergents, residus animals i vegetals o sals ni tampoc per aigües agrícoles o ramaderes amb alts continguts de purins, matèria orgànica, fertilitzants o adobs.

Un dels resultats més rellevants és l'increment significatiu de la conductivitat i els clorurs un cop el riu travessa la zona de Balsareny i Sallent. D'aquesta manera es pot afirmar que la mineria del Bages és, en part, la causant de la contaminació salina, aportant de forma directa o indirecta importants quantitats d'aigua salina que es barreja amb el riu Llobregat. La posada en marxa del col·lector de salmorres no ha aconseguit solucionar completament el problema ja que s'han trobat punts amb conductivitat i concentracions de clorurs superiors als límits establerts. També s'ha de tenir present que l'aportació de sals com a conseqüència del terreny o altres activitats antròpiques també poden influir de manera més o menys notable en l'augment de la salinitat. El que és evident és que aquests nivells de contaminació poden tenir conseqüències negatives tant en el medi ambient com en el tractament de l'aigua.

És important destacar que només s'han recollit mostres dels diferents trams una sola vegada. Es pren consciència, doncs, que per arribar a resultats concloents i fiables és necessari ampliar la quantitat de mostres, recollir-les en els intervals de temps adequats i

d'aquesta manera, mostrar l'activitat real al voltant del riu i obtenir més informació de cada indicador. Tot i això, hi ha indicis de contaminació salina i, en el suposat cas que sigui puntual, no es pot obviar. Cal buscar sistemes de millora tant en el tractament de l'aigua com en el de residus per tal de disminuir l'impacte en el medi ambient. Reduir la salinitat del Llobregat comporta millores tant per la població de la província de Barcelona com per l'ecosistema del riu.

Com s'ha vist al llarg del projecte existeixen alguns plans de millora per disminuir el problema de la salinitat. S'ha pogut comprovar que la restauració del runam de Vilafruns té un efecte positiu sobre el medi ja que en aquest tram la salinitat s'ha mantingut a valors similars a trams anteriors. Aquest fet posa de manifest la importància de prendre mesures orientades a la reducció de contaminants salins a la conca i els beneficis que aquests poden comportar.

Per primera vegada i de forma innovadora s'ha realitzar l'estudi de sòlids flotants, concretament la recerca de microplàstics presents en la superfície. Els resultats obtinguts indiquen la més que probable presència d'aquests en dos punts d'estudi. És un fet sorprenent i rellevant que posa en evidència que aquest material està tant estès que es pot trobar pràcticament a qualsevol lloc. També obre un nou debat sobre el seu ús responsable i la falta de conscienciació i educació dels usuaris finals. Els plàstics poden arribar a la naturalesa per diferents vies, ja sigui directament per abocaments directes o a través de l'aigua però també ho poden fer per mitjà de l'aire. Actualment el problema no es pot considerar important ja que només se n'han detectat petites traces però cal buscar plans d'actuació per evitar que la contaminació augmenti i origini canvis significatius en la biodiversitat de la zona.

Concloure que el riu Llobregat, tot i presentar una salinitat elevada en el seu tram mitjà i baix i una escassa presència de microplàstics, la resta de paràmetres indiquen que presenta unes condicions favorables perquè en el seu entorn s'hi desenvolupi vida. Tot i la gran quantitat d'activitats industrials i poblacions pròximes, aquestes no interfereixen significativament en el medi i la seva aigua es pot considerar de qualitat.

15. FUTURES LÍNIES DE TREBALL

El present projecte és l'inici d'un estudi molt més ampli el qual cal ampliar les zones de mostreig, incloent-hi els aqüífers, les fonts i els rierols de la conca. També cal recollir una quantitat major de mostres de cada un dels punts i fer un seguiment temporal dels diferents indicadors durant 1 o 2 anys. D'aquesta manera es pot veure l'evolució de cada paràmetre i extreure resultats més concloents.

Realitzar un estudi dels indicadors biològics complementari al fisicoquímic ja que aquest estudi mesura el grau de desequilibri ecològic causat per un o més canvis en l'ambient, durant un període llarg de temps malgrat no determinar-ne la causa. Per saber-ne l'origen s'usen els paràmetres fisicoquímics, els quals donen una informació de caràcter més puntual.

Incloure més indicadors a l'estudi, com poden ser els metalls pesants, per tal de determinar l'existència d'altres fonts de contaminació indetectables amb els paràmetres analitzats. També utilitzar instruments i tècniques analítiques més avançades per tal d'obtenir uns resultats molt més acurats.

Referent a la salinització de l'aigua, estudiar el percentatge d'aigua salada d'origen natural enfront a la d'origen miner i analitzar el comportament dels runams salins i l'impacte d'aquests en el medi. A més, realitzar un estudi acurat dels residus generats a les mines per tal d'aconseguir informació addicional útil per poder valorar sistemes de millora de la qualitat de l'aigua o bé de tractament i gestió de residus.

Finalment destinar més recursos a realitzar un l'anàlisi més acurat i detallat dels microplàstics presents a la superfície ja que se n'ha detectat la seva presència i pot ser un problema que pot anar en augment en els pròxims anys.

Agraïments

M'agradaria dedicar unes petites paraules d'agraïment a totes aquelles persones que m'han ajudat i donat suport al llarg del projecte, i que sense elles hauria sigut molt difícil assolir els objectius establerts.

En primer lloc, m'agradaria donar les gràcies al director del projecte, el Dr. Jordi Bou i Serra, que des del primer dia ha mostrat interès i curiositat per la temàtica estudiada. Vull agrair especialment les explicacions de química rebudes, tant teòriques com d'experimentació, tota l'ajuda proporcionada, el temps que hi ha dedicat i els consells que ha donat, els quals han fet possible l'èxit del treball. També dono les gràcies per deixar-me utilitzar les instal·lacions, material i equips de la Universitat per poder realitzar els anàlisis.

Agraeixo a tots els companys que estaven al laboratori durant l'etapa d'experimentació i que sempre han estat disposats a ajudar-me si tenia dubtes o problemes i que mai han tingut un no per resposta.

Dono les gràcies als meus amics, els quals m'han animat en els moments complicats del projecte, m'han donat consells i han sigut capaços d'escoltar amb atenció les explicacions que els donava sobre les evolucions i novetats.

I per últim, però no per això menys important, vull donar les gràcies a la meva família especialment el meu pare, la meva mare i el meu germà que també m'han animat, aconsellat i donat força per seguir endavant amb aquest projecte. Destaco i valoro molt positivament l'ajuda rebuda durant els dies de recollida de mostres. Gràcies per ser-hi sempre.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA [En línia]: [Consulta: abril-juny de 2016] Disponible a <<http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca/>>
- [2] AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA. Comunicat de premsa: *L'ACA posa a informació pública la segona fase del nou col·lector de salmorres entre el Bages i el Baix Llobregat* [En línia]: [Consulta: 24 de maig de 2016] Disponible a <http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/AppJava/notapremsavw/285215/ca/laca-posa-informacio-publica-fase-collector-salmorres-bages-llobregat.do>
- [3] BADIA, J. *Els runams salins del Bages: El més gran acúmul de residus de Catalunya*. Dovella, 1999, núm. 64, p. 41-48.
- [4] BAIDA, J. *Institució Catalana d'Història Natural. Salinitat a la conca dels rius Cardener i Llobregat*, 2007. [En línia]: [Consulta: 3 d'abril de 2016] Disponible a <<http://ichn.iec.cat/Bages/impactes/imatges%20grans/Planol-salinitzacio.htm>>
- [5] BALLMILL [En línia]: [Consulta: 24 de maig de 2016] Disponible a <http://www.ballmill-kf.com/product/Complete_Production_Line.Html>
- [6] BOLAÑOS, A.; PÉREZ, M.; UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS *Determinación de Sulfatos* [En línia]: [Consulta: 28 de maig de 2016] Disponible a <<http://arturobola.tripod.com/sulfat.htm>>
- [7] CARRERAS, J.; UNITAT DE GEOTECTÒNICA; DEPARTAMENT DE GEOLOGIA; UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA; *Geozona 217 Cardona – Muntanya de sal*. [En línia]: [Consulta 3 d'abril de 2016] Disponible a <http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemes_dinformacio/inventari_despais_dinteres_geologic/consulta_de_les_fitxes_de_scriptives_dels_eig/documentos/217_descrip.pdf>
- [8] CASAS, JM.; ROSAS, H.; LAO, C. *Salinitat i contaminació en la conca del Llobregat: Rius Llobregat, Cardener i Anoia*. Dovella, 2001, núm. 73 p. 27-32.

- [9] CERRILLO, A. *LA VANGUARDIA. Iberpotash propone llevar al mar los residuos salinos del vertedero de Sallent, 2015*. [En línia]: [Consulta: 26 de maig de 2016] Disponible a <<http://www.lavanguardia.com/vida/20150410/54429791779/iberpotash-mar-residuos-salinos-sallent.html>>
- [10] CHIRUCHI, JA.; GABITO, J.; USHER, S; SERRENTINO, C. *Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes*. Uruguay, 1996.
- [11] EL BERGUEDÀ. *Llobregat amunt, Llobregat avall*. [En línia]: [Consulta: 3 d'abril de 2016] Disponible a <<http://www.elbergueda.cat/pl106/descobreix-el-bergueda/senderisme/itineraris-recomanats/id637/llobregat-amunt-llobregat-avall.htm>>
- [12] ESCRIU, J. *El col·lector de salmorres de la conca del Llobregat*. Dovella, 1985, núm.16 p.30-34
- [13] FÁBREGA, A. *Cum grano salis. La sal i la potassa a Súria*. Ajuntament de Súria i Iberpotash S.A., 2009. ISBN: 978-84-606-4808-6.
- [14] FÁBREGA, A.; BADIA, E. *Centenari del descobriment de la potassa 1912-2012*. Editorial Planeta, 2012. ISBN: 978-84-9785-954-7.
- [15] GEOPARC *Parc cultural de la muntanya de sal*. [En línia]: [Consulta: 2 d'abril de 2016] Disponible a <<http://www.geoparc.cat/centres/centre/titol/parc-cultural-de-la-muntanya-de-sal>>
- [16] GOROSTIZA, S. *Rius de sal*. Edicions del Llobregat, 2015. ISBN: 978-84-9407-106-5.
- [17] HUGUET, E. *Evolució històrica de la contaminació del riu Llobregat*. Gimbernat, 2010, núm. 54, p. 197-206
- [18] JOHNSTON, A. *European fertilizer manufacturers association. Understanding potassium and its use in agricultura*. [En línia]: [Consulta: 24 de maig de 2016] Disponible a <http://www.pda.org.uk/wp/wp-content/uploads/2015/08/EFMA_Potassium_booklet_2003.pdf>
- [19] LLORET, R. *Qualitat de l'aigua del riu Llobregat, un factor limitant del passat, un element clau pel futur*. [pdf], 2003.

- [20] LOSTAUNAU, N. *Convertir un smartphone en espectrofotòmetre para análisis bioquímicos* [En línia]: [Consulta: 4 de juny de 2016] Disponible a <<http://www.chw.net/2013/06/convertir-un-smartphone-en-espectrofotometro-para-analisis-bioquimicos/>>
- [21] MARINE DEBRIS PROGRAM. *Microplásticos* [En línia]: [Consulta: 4 de juny de 2016] Disponible a <http://www.unep.org/yearbook/2013/pdf/Microplastic_spanish.pdf>
- [22] MONTSLAT [En línia]: [Consulta: abril-juny de 2016] Disponible a <<http://www.lasequia.cat/montsalat/>>
- [23] MUSEU DE LA COLÒNIA VIDAL DE PUIG-REIG [En línia]: [Consulta: 2 d'abril de 2016] Disponible a <<http://www.museucoloniavidal.org/el-museu/visita-el-museu/>>
- [24] OMS, O.; VALLÈS, F.; BIOSCA, J. *Institució Catalana d'Història Natural. La història geològica del Bages*. [En línia]: [Consulta: 2 d'abril de 2016] Disponible a <<http://ichn.iec.cat/Bages/hist-geologica/hist-geologica.htm>>
- [25] PADILLA, E.; ESPINALES, A. *Manual de procedimientos de análisis de agua*. Nicaragua, 2010.
- [26] ROVIRA, M. *La conca salina del Bages i la qualitat de l'aigua del Llobregat*. Manresa: Universitat Politècnica de Catalunya, 2008. Tesi doctoral.
- [27] SOLER, A.; OTERO, N.; RIBERA, F. *Impacto ambiental de la minería de potasa en catalunya: problemática y soluciones*. XXXI Reunión Científica de la SEM, 2011.
- [28] THE WV COAL SEAM. *Coal Mining 101. The Basics*. [En línia]: [Consulta: 24 de maig de 2016] Disponible a <<https://wvcoalassociation.wordpress.com/news-comment/coal-mining-101/>>
- [29] US GEOLOGICAL SURVEY. *Minerals information* [En línia]: [Consulta: 23 de maig de 2016] Disponible a <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/>>
- [30] VALLÈS, F.; OMS, O.; BIOSCA, J. *Institució Catalana d'Història Natural. Les Roques i els minerals* [En línia]: [Consulta: 2 d'abril de 2016] Disponible a <<http://ichn.iec.cat/Bages/geologia/geologia2.htm>>

- [31] VIDAL, E. *Valorització de Ca, Mg i SO₄ en residus salins*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2011. Treball final de carrera
- [32] VIQUIPÈDIA. *Llobregat* [En línia]: [Consulta: 3 d'abril de 2016] Disponible a <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Llobregat>>

Bibliografia complementària

- [33] AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA. *Actuacions portades a terme per l'agència catalana de l'aigua per la minimització de la incidència dels runams salins de la comarca del Bages i la millora de la qualitat de les aigües superficials i subterrànies de la conca del riu Llobregat*. [Pdf]. Barcelona, 2009.
- [34] AIGÜES DE BARCELONA. *Duresa i composició mineral de la teva aigua* [En línia]: [Consulta 24 de maig de 2016] Disponible a <<http://www.aiguesdebarcelona.cat/ca/duresa-i-composicio-mineral-de-la-teva-aigua>>
- [35] BADIA, J. *La salinització de la conca del Cardener-Llobregat del Bages*: Butll. Inst. Hist. Nat, 2001, núm. 69, p. 127-138
- [36] ESFERA DEL AGUA. *Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento* [En línia]: [Consulta: 29 de maig de 2016] Disponible a <<http://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>>
- [37] MICROBEAM *Analizadores de Carbono orgánico Total y Nitrógeno en muestras sólidas y líquidas* [En línia]: [Consulta: 4 de juny de 2016] Disponible a <<http://www.microbeam.es/toc.html>>
- [38] PÉREZ, JA. Tratamiento de aguas. UNIVERSIDAD NACIONAL- FACULTAD DE MINAS
- [39] PROGRAMA DE QUALITAT ECOLOÒGICA DELS RIUS [En línia]: [Consulta: abril-juny 2016] Disponible a <<http://ecobill.diba.cat/index.php?page=portada>>
- [40] RODRÍGUEZ, MA. *La qualitat de les aigües del riu Llobregat*. IES VERDAGUER
- [41] VILADÉS, M. *Estudi de les aigües salines a la conca del riu Llobregat i Cardener*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 2013. Treball fi de grau.

